



Luonnonvara- ja
biotalous-
tutkimus 31/2016

Seleenityöryhmän raportti 2016

Merja Eurola, Georg Alfthan, Päivi Ekholm, Iris Erlund, Katja Korkalainen, Seija Luomanperä, Jaakko Mannio, Pirjo Salminen, Titta Suoniitty, Eija-Riitta Venäläinen, Kari Ylivainio ja Veli Hietaniemi

Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 31/2016

Seleenityöryhmän raportti 2016

Merja Eurola, Georg Alfthan, Päivi Ekholm, Iris Erlund, Katja Korkalainen, Seija Luomanperä, Jaakko Mannio, Pirjo Salminen, Titta Suoniitty, Eija-Riitta Venäläinen, Kari Ylivainio ja Veli Hietaniemi

Luonnonvarakeskus, Helsinki 2016



ISBN: 978-952-326-253-9 (Painettu)

ISBN: 978-952-326-254-6 (Verkojulkaisu)

ISSN 2342-7647 (Painettu)

ISSN 2342-7639 (Verkojulkaisu)

URN: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-326-254-6>

Copyright: Luonnonvarakeskus (Luke)

Kirjoittajat: Merja Eurola, Georg Alfthan, Päivi Ekholm, Iris Erlund, Katja Korkalainen, Seija Luomanperä, Jaakko Mannio, Pirjo Salminen, Titta Suoniitty, Eija-Riitta Venäläinen, Kari Ylivainio ja Veli Hietaniemi

Julkaisija ja kustantaja: Luonnonvarakeskus (Luke), Helsinki 2016

Julkaisuvuosi: 2016

Kannen kuva: Janne Lehtinen / Outi Mäkilä / Luke

Painopaikka ja julkaisumyynti: Juvenes Print, <http://luke.juvenesprint.fi>

Tiivistelmä

Merja Eurola¹, Georg Alfthan², Päivi, Ekholm³, Iris Erlund², Katja Korkalainen⁴, Seija Luomanperä⁵, Jaakko Mannio⁶, Pirjo Salminen⁷, Titta Suoniitty⁴, Eija-Riitta Venäläinen⁴, Kari Ylivainio¹, Veli Hieta-niemi¹

¹Luonnonvarakeskus (Luke), FI-31600 Jokioinen

²Terveyden ja hyvinvoinnin laitos (THL), PL 30, FI-00270 Helsinki

³Helsingin yliopisto, Elintarvike- ja ympäristötieteiden laitos, PL 27, FI-00014 Helsingin yliopisto

⁴Elintarviketurvallisuusvirasto Evira, Mustialankatu 3, FI-00790 Helsinki

⁵Yara Suomi Oy, Bertel Jungin aukio 9, FI-02600 Espoo

⁶Suomen ympäristökeskus (SYKE), Mechelininkatu 34a, PL 140, FI-00251 Helsinki

⁷Maa- ja metsätalousministeriö, PL 30, FI-00023 Valtioneuvosto

Suomessa 1970-luvulla tehdyissä tutkimuksissa havaittiin elintarvikkeiden seleenipitoisuuksien olevan erittäin pieniä ja väestön seleeninsaanti jäi selvästi alle saantisuosituksen. Taustalla oli seleenin ja erityisesti liukoisen, kasveille käyttökelpoisen seleenin pieni määrä viljelymaissa. Tilanteen korjaamiseksi natriumselenaattia on lisätty moniravinteisiin lannoitteisiin vuodesta 1984 lähtien. Seleenilannoituksen avulla epäorgaaninen lannoiteseleeni muuttuu kasveissa orgaaniseksi seleeniyhdisteiksi, joita ihmiset ja eläimet pystyvät hyödyntämään tehokkaammin kuin epäorgaanista seleeniä.

Seleenilannoituksen myötä kotimaisten viljelykasvien ja rehujen ja sitä kautta elintarvikkeiden seleenipitoisuudet ovat kasvaneet. Liukoisen seleenin määrä viljelymaissa ei ole kuitenkaan kasvanut 30 vuoden aikana, sillä Suomen olosuhteissa seleeni muuttuu nopeasti niukkaliukoiseen muotoon. Lannoitteiden kautta maahan vuosittain tuleva seleenilisä tarvitaan kasvien seleenitason ylläpitämiseksi. Viljelykasvien seleenipitoisuus riippuu täysin lannoitteiden seleenitasosta ja seleenipitoisten lannoitteiden käyttömäärästä. Väestön keskimääräinen seleeninsaanti on nykyisin sekä koti- että ulkomaisten saantisuosituksen mukaista. Tärkeimmät saantilähteet ovat maitotuotteet ja liha, mutta myös kasvisruokavaliosta voidaan saada riittävästi seleeniä.

Ihmisen veren seerumin seleenipitoisuus on 2000-luvulla ollut keskimäärin 1,4 $\mu\text{mol l}^{-1}$, mikä on 60 % suurempi kuin ennen lannoitteiden seleenilisäystä vuonna 1984. Vuonna 2007 tehty lannoitteiden seleenipitoisuuden nosto (10 \rightarrow 15 mg kg^{-1}) näkyy seerumista mitatun seleenitason vakiintumisena $>1,4 \mu\text{mol l}^{-1}$ pitoisuuksiin.

Seleenilannoitustasoa on muutettu kolme kertaa vuosina 1990, 1998 ja 2007. Muutokset ovat pohjautuneet seleeninsaannissa tapahtuneisiin muutoksiin. Seleenilannoitus on tehokas, turvallinen, edullinen ja toimiva tapa vaikuttaa tuotantoeläinten ja väestön seleeninsaantiin ja sitä kautta kansanterveyteen. Se parantaa eläinten hyvinvointia vähentämällä tarvetta lisätä seleeniä rehuihin sekä vähentämällä tarvetta eläinten seleenilääkintään ja se ehkäisee seleeninpuutossairauksia kuten esim. lihasrappeumaa. Suomen olosuhteissa toimenpide on osoittautunut hyväksi ja turvalliseksi keinoksi vaikuttaa kotieläinten ja väestön seleeninsaantiin. Suunnitelmallisen ja tarkkaan kohdennetun seurannan myötä systeemi on kontrolloitavissa ja seleeninsaannissa tapahtuviin muutoksiin pystytään reagoimaan nopeasti.

Asiasanat: seleeni, lannoite, maaperä, elintarvike, vilja, rehu, liha, maito, veri, seerumi, ravinto, ravitsemus, saanti

Sammandrag

Merja Eurola¹, Georg Alfthan², Päivi, Ekholm³, Iris Erlund², Katja Korkalainen⁴, Seija Luomanperä⁵, Jaakko Mannio⁶, Pirjo Salminen⁷, Titta Suoniitty⁴, Eija-Riitta Venäläinen⁴, Kari Ylivainio¹, Veli Hieta-niemi¹

¹Naturresursinstitutet (Luke), FI-31600 Jokioinen, Finland

²Institutet för hälsa och välfärd (THL), PB 30, FI-00270 Helsingfors, Finland

³Helsingfors universitet, Institutionen för livsmedels- och miljövetenskaper, PB 27, FI-00014 Helsingfors universitet, Finland

⁴Livsmedelssäkerhetsverket Evira, Mustialagatan 3, FI-00790 Helsingfors, Finland

⁵Yara Suomi Oy, Bertel Jungin aukio 9, FI-02600 Espoo, Finland

⁶Finlands miljöcentral (SYKE), Mechelingatan 34a, PB 140, FI-00251 Helsingfors, Finland

⁷Jord- och skogsbruksministeriet, PB 30, FI-00023, Statsrådet, Finland

Under 1970 -talet undersöktes livsmedels selenhalter och man kom fram till att befolkningens intag av selen var under rekommenderat intag. Orsaken var att selens och framförallt den lösliga formen av selen för växter var för liten i den odlade jorden. För att ändra på detta har man tillsatt natriumse-lenat i gödsel sedan år 1984. Med hjälp av selengödsel förändras oorganiskt gödselselen till organiska selenföreningar i växter, vilket människor och djur kan utnyttja bättre än oorganisk selen. Med hjälp av selengödsel har inhemska sädets och fodrets, och därigenom livsmedlens selenhalter ökat.

Den lösliga selenens mängd i odlingsmarken har inte vuxit på 30 år, för i Finlands förhållanden förändras selenen snabbt till dåligt löslig form. Genom att årligen gödsla åkermarken med selengödsel behåller växterna sin nivå av selen. Livsmedlens och fodrets selenkoncentration beror helt på gödsels selennivå och användningen av mängden om selen-berikad gödsel. Befolkningens genom-snittliga intag av selen är enligt inhemska- och utländsk rekommendation. Det viktigaste intaget av selen kommer från mjölkprodukter och kött, men man kan även få tillräckligt med selen genom att vara vegetarian.

Humant blodserums selenhalt har under 2000 -talet varit i genomsnitt $1,4 \mu\text{mol l}^{-1}$, vilket är 60 % mer än innan ökning av selen i gödsel år 1984. Efter gödselns selenökning ($10 \rightarrow 15 \text{ mg kg}^{-1}$) år 2007 har blodsserums selenhalter stabilerat $>1,4 \mu\text{mol l}^{-1}$.

Man har ändrat selennivån i gödsel 3 gånger under året 1990, 1998 och 2007. Förändringarna har grundat i ändringar av selen intag. Selengödslingen är ett effektivt, säkert och ekonomiskt sätt att påverka selenintaget av både husdjur och människor, och därigenom förbättra folkhälsan. Det för-bättrar också djurens välbefinnande att minska behov av att öka selen i foder och djurens selenmedicinering och förebygger selenbristsjukdomar som kan leda exempelvis till muskeldystrofi. I Finska förhål-landen har åtgärder visat sig vara ett bra och riskfritt sätt att påverka befolkningens och husdjurens selenintag. Med selenprogrammet och en viss målinriktad screening är systemet lätt att följa upp och man kan snabbt reagera på ändringar i intaget av selen.

Nyckelord: selen, gödsel, gödsling, jord, livsmedel, foder, säd, mjölk, kött, näring, intag, blodserum, cerealier

Abstract

Merja Eurola¹, Georg Alfthan², Päivi Ekholm³, Iris Erlund², Katja Korkalainen⁴, Seija Luomanperä⁵, Jaakko Mannio⁶, Pirjo Salminen⁷, Titta Suoniitty⁴, Eija-Riitta Venäläinen⁴, Kari Ylivainio¹, Veli Hieta-niemi¹

¹Natural Resources Institute Finland (Luke), FI-31600 Jokioinen, Finland

²National Institute of Health and Welfare (THL), B.O. Box 30, FI-00270 Helsinki, Finland

³University of Helsinki, Department of Food and Environmental Sciences, B.O. Box 27, FI-00014 Uni-versity of Helsinki, Finland

⁴Finnish Food Safety Authority Evira, Mustialankatu 3, FI-00790 Helsinki, Finland

⁵Yara Suomi Oy, Bertel Jungin aukio 9, FI-02600 Espoo, Finland

⁶Finnish Environment Institute (SYKE), Mechelininkatu 34a, P.O. Box 140, FI-00251 Helsinki, Finland

⁷Ministry of Agriculture and Forestry, P.O.Box 30, FI-00023 Government, Finland

In Finland the selenium content of agricultural plants was found to be extremely low and the average daily Se intake was reported to be one of the lowest in the world. Only about 4% of the selenium in Finnish agricultural soils is in soluble form available to plants. Fertilizers in Finland have been supplemented with sodium selenate since 1985.

The selenium supplementation of the fertilizers has clearly increased the Se contents of all food produced in Finland. The selenium content of wheat flour is now ca. 0.14 mg kg⁻¹ dm which is about 14 times higher than without Se fertilization. The selenium contents of animal products have increased also clearly. The selenium content of beef and pork are now 3 and 1.5 times higher than before the Se fertilization supplement practice. The present average daily Se intake is about 0.08 mg/day at energy level 10 MJ. Milk products and meat and meat products are the most important sources of selenium in the Finnish diet. The selenium intake meets well the recommendations and is considered adequate and safe level. Excessive selenium intake from any type of diet is not probable.

However, the amount of soluble selenium in soil has not increased during the 30 years of seleni-um fertilization. In Finnish conditions selenium is quickly transformed in less soluble forms and annual selenium supplemented fertilization is necessary to maintain the selenium at sufficient level in plants.

Since 1984 the selenium content of fertilizers has been revised three times 1990, 1998, 2007. The latest amendments were necessary due the decreasing use of fertilizers. The revision in 2007 from 10 to 15 mg kg⁻¹ fertilizer has slightly increased the selenium content of foods and feeds.

The average serum selenium content has been at the level of 1.4 µmol l⁻¹ during the 2000. The present level is about 60% higher than before the selenium fertilization and among highest in Eu-rope. The latest revision in 2007 has stabilized the serum selenium levels to >1,4 µmol l⁻¹.

The selenium supplementation of fertilizers has been an effective, safe and economical way to increase the selenium intake of humans and domestic animals. The system can be controlled by sys-tematic follow-up study focused on the main agricultural products and human serum levels.

Keywords: selenium, fertilizer, fertilization, soil, food, cereal, milk, meat, feed, intake, human serum, nutrition

Sisällys

1. Johdanto	7
2. Materiaalit ja menetelmät.....	9
2.1. Näytteet	9
2.1.1. Elintarvikkeet ja vilja	9
2.1.2. Rehut ja lannoitteet	9
2.1.3. Veri ja seerumi	10
2.1.4. Maa, lanta- ja lannoitevalmisteet	10
2.2. Näytteiden analysointi ja laadunvarmistus.....	10
3. Tulokset ja tulosten tarkastelu	11
3.1. Lannoitteet.....	11
3.2. Viljelymaa.....	11
3.3. Eläinten ruokinta ja rehut	12
3.3.1. Eläinten seleenintarve.....	12
3.3.2. Rehut	13
3.4. Elintarvikkeet	15
3.4.1. Kasvipäiset elintarvikkeet	15
3.4.1.1. Vilja.....	15
3.4.1.2. Viljatuotteet	19
3.4.1.3. Kasvikset.....	21
3.4.2. Eläinperäiset elintarvikkeet	22
3.4.2.1. Maito ja maitotuotteet, kananmuna	22
3.4.2.2. Liha ja sisäelimet	25
3.4.2.3. Kala.....	26
3.5. Seleenin saanti	26
3.6. Ihmisen veri ja seerumi.....	27
4. Johtopäätökset.....	29

1. Johdanto

Seleeni on ihmiselle ja eläimille välttämätön hivenalkuaine, joka suojaa elimistöä oksidatiivista stressiä vastaan. Lisäksi seleenillä on tärkeä rooli mm. kilpirauhashormonien metabolian ja C-vitamiinin ja muiden molekyylien hapetusasteen säätelyssä. Eniten seleeniä saadaan eläinperäisistä tuotteista (liha, kala, maitotuotteet) ja viljatuotteista. Kasvi- ja eläinperäisissä elintarvikkeissa seleeni on orgaanisessa muodossa, joka imeytyy tehokkaasti. Epäorgaanisen seleenin (selenaatti ja seleniitti) imeytyminen on heikompaa, parhaimmillaan noin 50 %.

Seleeniä esiintyy kaikkialla maapallolla, mutta geologisten tekijöiden vuoksi se on epätasaisesti jakaantunut. Yleensä piipitoisten kivilajien alueilla maaperässä on niukasti seleeniä ja savikivisedimentti- ja kivihiilialueilla seleenipitoisuudet ovat suurempia. Suomessa maan ominaisuudet esim. happamuus yhdistettynä ilmastollisiin olosuhteisiin edesauttaa seleenin pelkistymistä ja sitoutumista maaperään, jolloin se ei ole kasvien saatavilla.

Kasvien seleenipitoisuuteen vaikuttaa liukoisen, kasveille käyttökelpoisen seleenin määrä maaperässä. Kasvit pystyvät ottamaan seleeniä selenaattina tai seleniittinä. Kasviperäisten elintarvikkeiden seleenipitoisuuksissa on suurta alueellista vaihtelua geokemiallisten/maaperätekkijöiden vuoksi. Yleensä EU alueella kasviperäisten elintarvikkeiden seleenipitoisuudet ovat melko pieniä, mutta alueellista vaihtelua esiintyy. Eläinperäisten elintarvikkeiden seleenipitoisuudet riippuvat seleenin määrästä ja laadusta käytetyssä rehussa.

Suomessa 1960 - 1980 luvuilla tehdyissä tutkimuksissa kotimaisten elintarvikkeiden ja rehujen seleenipitoisuudet olivat pieniä. Tuotantoeläimillä todettiin seleeninpuutostauteja, joita hoidettiin seleenin ja E-vitamiinin avulla. Vuonna 1969 eläinten rehuihin alettiin lisätä seleeniä. Myös elintarvikkeiden pienien seleenipitoisuuksien ja ihmisten niukan seleeninsaannin, 0,030 mg vrk⁻¹, pelättiin aiheuttavan huomattavia kansanterveydellisiä vaikutuksia. Vuonna 1983 maa- ja metsätalousministeriö asetti seleenityöryhmän, jonka ehdotuksen perustella natriumselenaattia alettiin lisätä moniravinteisiin lannoitteisiin 1.7.1984. Tavoitteena on turvata kotieläinten ja väestön seleeninsaanti.

Toisaalta seleeni on myös hyvin myrkyllinen aine ja ero terveydelle välttämättömän annoksen ja myrkyllisyyden välillä on kapea. Tämän vuoksi natriumselenaatin lisäyksen vaikutuksia tulee ehdottomasti seurata maaperässä, lannoitteissa, rehuissa, elintarvikkeissa sekä kuluttajien seleeninsaannissa. Seleenityöryhmän tehtävänä on lannoitteisiin lisätyn seleenin vaikutusten seuranta ja toimenpidesuosituksen ja lausuntojen antaminen seurantatulosten perusteella. Ryhmä julkaisee seurantaraportteja ja seuraa alan kotimaista ja kansainvälistä tutkimusta. Vuonna 2015 seleenityöryhmän kokoonpano oli seuraava:

Georg Alfthan, Terveyden ja hyvinvoinnin laitos
 Päivi Ekholm, Helsingin yliopisto
 Iris Erlund, Terveyden ja hyvinvoinnin laitos
 Merja Eurola, Luonnonvarakeskus
 Veli Hietaniemi, Luonnonvarakeskus
 Katja Korkalainen, Elintarviketurvallisuusvirasto Evira
 Seija Luomanperä, Yara Suomi Oy
 Jaakko Mannio, Suomen ympäristökeskus
 Pirjo Salminen, Maa- ja metsätalousministeriö
 Titta Suoniitty, Elintarviketurvallisuusvirasto Evira
 Eija-Riitta Venäläinen, Elintarviketurvallisuusvirasto Evira
 Kari Ylivainio, Luonnonvarakeskus

Lämpimät kiitokset niille henkilöille ja yrityksille, jotka ovat olleet mukana seleeniseurannan toteuttamisessa. Henkilöt Leppävirralla ja Helsingissä ovat vapaaehtoisesti käyneet antamassa verinäytteen seleenianalyysiin vuodesta 1984 lähtien. Oy Karl Fazer Ab, Raisio Oyj ja Helsingin Mylly Oy ovat toimittaneet näytteitä tutkimukseen. Eurofins Viljavuuspalvelu Oy on luovuttanut seleenityöryhmän käyttöön tietoja viljelymaiden seleenipitoisuuksista. Suuret kiitokset myös seurantaan osallistuvien organisaatioiden laboratoriohenkilöstölle arvokkaasta ja ammattitaitoisesta työstä näytteenoton ja seleenianalytiikan parissa sekä Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskusten (ELY) tarkastajille seurannan säilörehunäytteiden ottamisesta.

2. Materiaalit ja menetelmät

Seleenilannoituksen vaikutuksia elintarvikkeiden tuotantoketjussa aina ihmisen seleenistatukseen saakka on seurattu säännöllisesti vuodesta 1985 lähtien eri organisaatioiden toimesta. Seurantaa koordinoi Luonnonvarakeskus (Luke). Organisaatioiden välinen työnjako näytteiden keräyksen ja analysoinnin osalta on seuraava:

- Luonnonvarakeskus
Elintarvikkeet (lukuun ottamatta lihaa ja sisäelimiä), vilja, lanta- ja lannoitevalmisteet, maa
- Elintarviketurvallisuusvirasto Evira
Liha ja sisäelimet, rehut, lannoitteet
- Terveystieteiden ja hyvinvoinnin laitos
Ihmisen veri ja seerumi
- Helsingin yliopisto
Saantiarvio

Tämän lisäksi Eurofins Viljavuuspalvelu Oy on luovuttanut viljelymaista tehtyjen seleenianalyysien tulokset työryhmän käyttöön. Eri organisaatiot ovat keränneet seurantanäytteet itsenäisesti omien näytteenotto-ohjelmiensa mukaisesti ja analysoineet näytteet tavanomaisilla menetelmillään.

2.1. Näytteet

2.1.1. Elintarvikkeet ja vilja

Elintarvikkeiden (lukuun ottamatta lihaa ja sisäelimiä) näytteenottoa on muutettu vuonna 2012. Aikaisempi näytteenottosysteemi on esitetty edellisessä seleenityöryhmän raportissa (Euroola et al. 2011). Elintarvikenäytteet kerättiin neljä kertaa vuodessa joului-, maalii-, kesä- ja syyskuussa K-, S- ja E -ryhmän vähittäismyymälöistä. Kerätyt elintarvikenäytteet olivat kulutus- ja kevytmaito, Edam -juusto, vehnä- ja ruisleipä ja -jauho, kananmuna ja silakka. Lisäksi kerran vuodessa on otettu kirjolohi, valkokaali ja perunanäytteet sekä satunnaisesti joitain muita näytteitä. Näytteet kerätään Forssasta ja vuorovuosin suurimmista kaupungeista: Helsinki, Tampere tai Turku. Jokaisesta kaupasta ostettiin kaksi eri valmistajan vähittäismyyntipakkausta kutakin tuotetta. Tuotteiden on oltava kotimaisia. Näytteet pakkaskuivattiin ja yhdistettiin kaupparyhmittäin, jolloin jokaisella näytteenottokerralla analysoitavia näytteitä tuli kolme näytettä/elintarvike.

Liha- ja sisäelinnäytteet otettiin Eviran toimesta kansallisen vierasainevalvonnan näytteistä. Näytteet otettiin suoraan teurastamoilta (noin 20 eri teurastamo) kuukausittaisen ohjelman mukaisesti. Evira vastaa näytteenottotarvikkeista ja ohjeistaa näytteitä ottavat tarkastuseläinlääkärit.

Evira kerää vuosittain tilakohtaisia viljanäytteitä viljasadon laatuvalvontaa varten. Näytteet ja niiden taustatiedot pyydetään suoraan viljelijöiltä. Seleeniseurantatutkimusta varten Luonnonvarakeskus on ottanut tästä aineistosta näytteitä maaseutukeskuksittain. Tutkittavat viljalajit ovat ohra, kaura, ruis, kevätvehnä ja syysvehnä. Vehnän osalta valittiin laadultaan (sakoluku, hehtolitrapaino ja valkuainen) myllyvehnäksi kelpaavia näytteitä.

2.1.2. Rehut ja lannoitteet

Rehunäytteet kerättiin pääsääntöisesti Eviran rehujaoston näytteenotto-ohjeen mukaisesti. Ohje perustuu Euroopan komission asetukseen (EY) N:o 152/2009 ja sen muutokseen (EU) N:o 691/2013. Säilörehunäytteet saatiin yksityisiltä maanviljelijöiltä eri puolilta Suomea rehualan alkutuotannon toimijoiden virallisen valvonnan yhteydessä. Teollisten rehuseosten seleenipitoisuuksia on valvottu rehu-

alan laitosten ja vähittäiskauppojen virallisessa valvonnassa. Näytteenottajat ovat Eviran valtuuttamia tarkastajia tai ELY-keskusten tarkastajia. Näytteet on analysoitu Evirassa.

Lannoitteenäytteet kerättiin Eviran lannoitevalmistejaoston valvontasuunnitelman mukaisesti. Näytteenotto perustuu standardiin EN1482:1996 kiinteiden lannoitteiden ja kalkitusaineiden näytteenotosta. Näytteet on otettu valmistuksen valvonnan yhteydessä valmistajan varastolta ja markkina- ja valvonnan yhteydessä vähittäiskaupasta ja maataloilta.

2.1.3. Veri ja seerumi

Ihmisen veri- ja seeruminäytteet on kerätty kahdelta seurantaryhmältä. Seurantaryhmä Leppävirralla (n = 35 - 45) edustaa maaseutuväestöä ja seurantaryhmä Helsingissä (n = 30-35) kaupunkilaisia. Verinäytteenoton yhteydessä on varmistettu, ettei seleeniä sisältäviä ravintovalmisteita käytetä säännöllisesti. Lisäksi on kysytty erityisruokavalioista.

2.1.4. Maa, lanta- ja lannoitevalmisteet

Maanäytteiden seleenianalyysit ovat peräisin Eurofins Viljavuuspalvelu Oy:stä. Maanäytteet ovat viljelijöiden itsensä omilta pelloiltaan ottamia maanäytteitä ja ne on analysoitu ajanjaksolla 1.10.2013 – 30.9.2015. Maanäytteille on suoritettu kuumavesiuutto, jonka katsotaan kuvaavan kasveille käyttökelpoista seleenipitoisuutta.

2.2. Näytteiden analysointi ja laadunvarmistus

Jokainen seleeniseurantaan osallistuva organisaatio on analysoinut näytteiden seleenipitoisuuden omilla menetelmillään ja käyttänyt omia sisäisiä ja ulkoisia laadunvarmistusmenettelyjään. Lyhyt kuvaus menetelmistä on taulukossa 1.

Taulukko 1. Seleeniseurannan käytetyt analyysimenetelmät

Näytetyyppi	Analyysimenetelmä	Menetelmä akkreditoitu	Viite
Elintarvikkeet (muut paitsi liha- ja sisäelimet), vilja, lanta- ja lannoitevalmisteet	Märkäpoltto ($\text{HNO}_3 + \text{HClO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4$), pelkistys, uutto org. liuottimeen, mittaus ETAAS	X	Kumpulainen et al. 1983
Liha- ja sisäelimet	Mikroaaltohajotus ($\text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{O}_2$), mittaus ICP-MS	X	
Teolliset rehut	Mikroaaltohajotus ($\text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{O}_2$), mittaus ICP-MS	X	SFS-EN 15621, SFS-EN 15763/2010
Säilörehu	Mikroaaltohajotus ($\text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{O}_2$), mittaus ICP-MS		
Lannoitevalmisteet	Typpihappouutto, mittaus ICP-OES	X	
Veri ja seerumi	ETAAS		Jacobsen 1988, Gardiner 1995
Maa (Eurofins Viljavuuspalvelu Oy)	Kuumavesiuutto, mittaus FI-AAS		

Vuodesta 1985 lähtien seleeniseuranta tekevien organisaatioiden kesken on säännöllisesti järjestetty laboratorioden välisiä analyysitasojen vertailututkimuksia. Näytteet ovat olleet erilaisia elintarvike- ja rehunäytteitä, jotka jokainen laboratorio on analysoinut omilla menetelmillään. Tulosten perusteella eri laboratorioden seleenimäärityksissä oli ajoittain tasoeroja riippuen matriisista, mittalaitteesta ja menetelmästä. Erot eivät kuitenkaan ole suuria ja laboratorion menestymistä kuvaavat z- arvot ovat pääasiassa pysyneet hyväksyttävinä.

3. Tulokset ja tulosten tarkastelu

3.1. Lannoitteet

Lannoitteisiin lisättävän seleenin määrästä päättää maa- ja metsätalousministeriö. Seleeni lisätään lannoitteisiin selenaattina, jotta mahdollisimman suuri osa siitä olisi kasvien hyödynnettävissä. Lannoitteisiin lisätyn seleenin määrä on vaihdellut seuraavasti:

1984 - 1990	6 mg kg ⁻¹ nurmen lannoitteet 16 mg kg ⁻¹ viljan lannoitteet
1990 - 1998	6 mg kg ⁻¹ kaikki lannoitteet
1998 - 2007	10 mg kg ⁻¹ kaikki lannoitteet
2007 - 2013	15 mg kg ⁻¹ kaikki lannoitteet, poikkeustapaukset 25 mg kg ⁻¹
2013-	15 mg kg ⁻¹ kiinteät lannoitteet, poikkeustapaukset 25 mg kg ⁻¹ 0,0015 % nestemäiset lannoitteet, hehtaarikohtaiset rajoitukset

Poikkeustapauksen muodostavat kotieläintilat ja lantaa vastaanottavat tilat, joilla voidaan nurmen ja viljan täydennyslannoitukseen käyttää 25 mg kg⁻¹ seleeniä sisältäviä lannoitteita, kun pääasiallisena lannoitteena käytetään lantaa. Nestemäisissä lannoitteissa saa seleeniä lisätä kasvukauden aikana maaperään levitettynä enintään 10 grammaa hehtaarille ja lehtilannoituksena enintään 4 grammaa hehtaarille.

Elintarviketurvallisuusvirasto Evira tutkii valvonnan yhteydessä vuosittain muutamia kappaleita peltolannoitteita, jotka sisältävät seleeniä. Tulosten perusteella lannoitteiden Se-pitoisuudet ovat lähellä ilmoitettuja pitoisuuksia ja poikkeamat ovat erittäin pieniä. Suomessa seleeniä lisää tällä hetkellä lannoitteisiin kaksi valmistajaa, jotka valvovat seleenin pitoisuutta myös omavalvonnassaan. Lisäksi seleenilannoitteita tuodaan jonkin verran muualta EU:n alueelta.

Kiinnostus seleenilannoitukseen on viime vuosina lisääntynyt, jonka seurauksena seleenilannoitteiden valikoima on kasvussa. Tämä lisää osaltaan sekä tutkimuksen että valvonnan tarvetta.

Vuonna 2014 Luonnonvarakeskuksessa tutkittiin 10 orgaanisen lannoitevalmisteen seleenipitoisuudet. Keskimääräinen pitoisuus oli 0,58 mg kg⁻¹ ja vaihteluväli 0,25 – 1,13 mg kg⁻¹. Kun tällaista lannoitevalmistettä levitetään peltoon 20 - 30 tn hehtaarille, niin sen seleenivaikutus on noin 4 - 6 g hehtaarille. On kuitenkin todennäköistä, että orgaaniseen ainekseen sitoutunut seleeni sekä lietelangan seleeni eivät ole kasveille käyttökelpoisessa muodossa (Seppänen 2014).

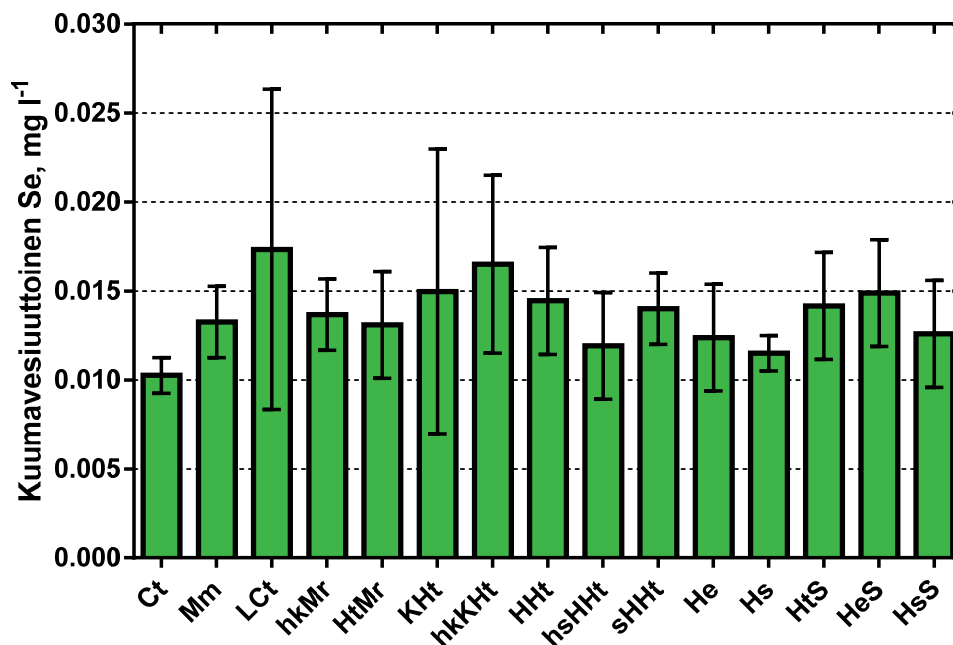
3.2. Viljelymaa

Kuumavesiuuttainen seleenipitoisuus määritettiin kaikkiaan 486 maanäytteestä, joista 159 näytteen seleenipitoisuus oli alle määrittäjärajaa (0,01 mg l⁻¹). Määrittäjärajan ylittävien näytteiden osalta kuumavesiuuttainen seleenipitoisuus oli 0,014 ± 0,004 mg l⁻¹, mikä on samalla tasolla kuin ennen seleeniä sisältävien lannoitteiden käyttöä (0,011 mg l⁻¹, Sippola 1979) ja seleenilisäyksen aloittamisen jälkeen tehdyissä tutkimuksissa vuosina 1990 (0,006 mg l⁻¹, n = 450, MMM 1994), 1998 (0,010 ± 0,005, n = 705, Mäkelä-Kurtto ja Sippola 2002), 2003 - 2006 (0,014 ± 0,026, n = 129, Eurola ym. 2008) ja 2007 - 2010 (0,013 ± 0,004 mg l⁻¹, n = 23, Eurola ym. 2011).

Kuumavesiuuttaisen seleenimäärän voi karkeasti laskea olevan 25 g ha⁻¹ (kuumavesiuuttainen seleenipitoisuus 0,01 mg l⁻¹, 25 cm muokkauskerros, tilavuuspaino 1 kg l⁻¹). Vastaava määrä seleeniä lisätään väkilannoitteissa maahan jo neljän vuoden aikana 500 kg hehtaarikohtaisella lannoitemäärällä (seleenipitoisuus 15 mg kg⁻¹) eli vuoden 1985 jälkeen lannoitteissa maahan lisätty seleenimäärä on moninkertainen kuumavesiuuttaiseen seleenimäärään nähden. Oletettavasti suurin osa lannoiteseleenistä jää maaperään, sillä yleensä kasvien seleeninotto on alle 10 % lannoitteissa annetusta seleenimäärästä (Yli-Halla 2005). Positiivisesta seleenitaseesta huolimatta maan kokonaisseleenipi-

toisuuksissa ei havaittu muutoksia 12 vuoden tarkastelujaksolla (Yli-Halla 2005). Samasta aineistosta tarkasti valikoiduille näytepareille tehty seleenimuotojen tarkastelu antoi kuitenkin viitteitä seleenin kertymisestä kivennäismaissa adsorboituneeseen, orgaaniseen sekä hyvin niukkaliukoiseen fraktioon (Keskinen ym. 2011). Kuumavesiuuttoisen seleenipitoisuuden heikko korreloiminen maahan lisätyn seleenimäärän kanssa onkin todennäköisesti seurausta seleenin muuntumisesta vaikealiukoisempaan muotoon (Keskinen 2012). Kuumavesiuuton onkin todettu uuttavan ainoastaan 4 % maan kokonais-seleenipitoisuudesta (Ylärinta 1985). Kuumavesiuuton käyttöä seleenin käyttökelpoisuuden mittarina puoltaa havainto siitä, että lannoiteseleenin jälkivaikutus häviää nopeasti ja kasvien seleenipitoisuus laskee seleenilannoitusta edeltävälle tasolle (Ylärinta 1984).

Suomen maaperän kokonaisseleenipitoisuuden on todettu vaihtelevan maalajeittain; pienimmät pitoisuudet olivat karkeissa kivennäismaissa ja korkeimmat savimaissa (Koljonen 1974, Sippola 1979, Ylärinta 1983). Kuumavesiuuttoiseen seleenipitoisuuteen maalajilla ei kuitenkaan ollut vaikutusta (Kuva 1), kuten ei myöskään maan multavuudella. Tulosten tulkintaa vaikeuttaa se, että tässä tutkimuksessa ei ole tietoa viljelijöiden käyttämistä lannoitemääristä tai viljelymenetelmistä (tavanomainen vs. luomu).



Kuva 1. Kuumavesiuuttainen seleenipitoisuus maalajeittain (keskiarvo ± keskihajonta)

3.3. Eläinten ruokinta ja rehut

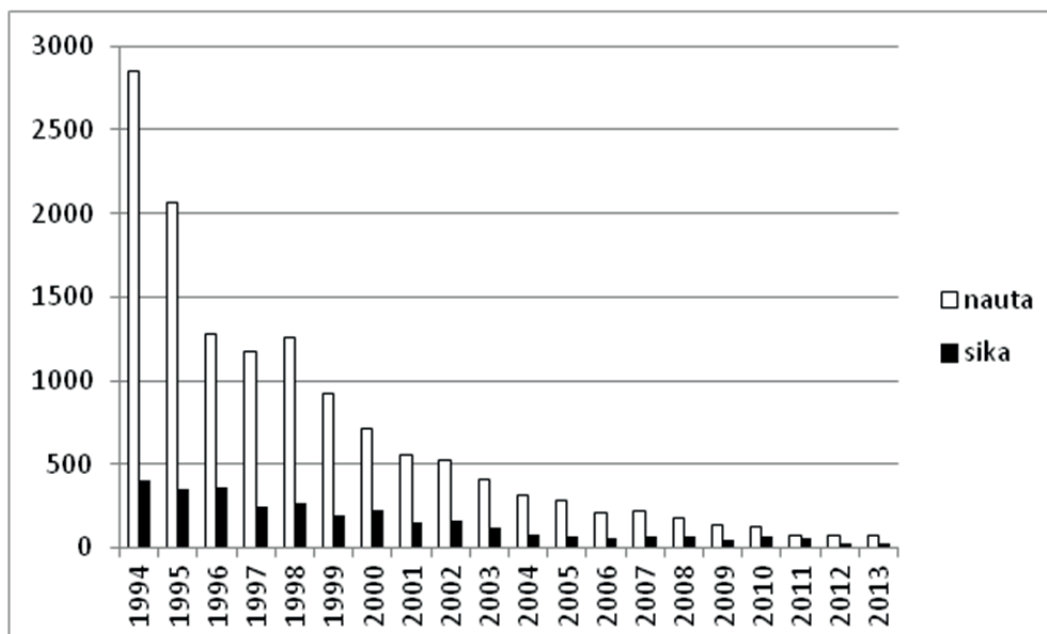
3.3.1. Eläinten seleenintarve

Seleenin merkitys eläinten ravitsemuksessa havaittiin jo 1950 -luvulla, kun osoitettiin, että suurin osa lampaan ja naudnan lihassairauksista sekä kananpoikasten tulehdusalttius voitiin ehkäistä lisäämällä seleeniä tai E-vitamiinia rehuannokseen. Seleeni on osana glutationiperoksidaasientsyymiä, mikä selittää sen vuorovaikutuksen E-vitamiinin kanssa (McDonald ym. 2011). Myöhemmin nisäkkäistä on löydetty lukuisia seleeniä sisältäviä selenoproteiineja, joista suuri osa toimii kudoksissa antioksidantteina eli hapettumista estävinä aineina. Seleeniä eläimet tarvitsevat myös kilpirauhashormonien tuotannossa (Suttle 2010). Seleenin tarpeen ja haitallisuuden välinen ero on kuitenkin kapea. Suurina määrinä seleeni on myrkyllistä.

Seleeni on välttämätön kaikkien eläinten kasvulle ja lisääntymiselle. Seleenin ravitsevuksellinen tarve vaihtelee eläinlajien välillä riippuen niiden ruuansulatusjärjestelmästä ja tuotannosta. Lisäksi seleenin vähimmäistarpeeseen vaikuttaa sen kemiallinen muoto ja ravinnon koostumus, erityisesti E-vitamiinipitoisuus (Suttle 2010). Orgaanisen seleenin käytöstä eläinten ruokinnassa on monia etuja verrattuna epäorgaanisen seleenin rehukäyttöön (Pehrson 2005). Kun eläinten seleenitarvetta määritetään, on E-vitamiini saannin oltava normaali, koska E-vitamiinin puutos lisää seleenitarvetta.

Suomessa seleenin saantisuositus naudoille on $0,1 \text{ mg kg}^{-1}$ rehun kuiva-ainetta (ka), sioille $0,02 \text{ mg MJ NE}^{-1}$ ($0,2 \text{ mg ry}^{-1}$), siipikarjalle $0,1 - 0,2 \text{ mg kg}^{-1}$ ka, ja turkiseläimille $0,6 - 0,9 \text{ mg kg}^{-1}$ ka (Luke 2015). Lehmien maidontuotanto lisää seleenin tarvetta (McDonald ym. 2011, Suttle 2010).

Eläintautien esiintymistä on seurattu eläinlääkäreiden kuukausi-ilmoitusten perusteella. Vuonna 1994 tilastoitiin naudoilla 2846 lihasrappeumatapausta ja vuonna 2013 tapauksia oli 71. Vastaavat luvut sioilla ovat 408 ja 23 (kuva 2). Luvut ovat suuntaa antavia, kaikkia esiintymisiä ei välttämättä ole kirjattu. Vuoden 2013 jälkeen lihasrappeumaa ei enää ole tilastoitu eläinlääkäreiden ilmoittamana tautina. On todennäköistä, että seleenilannoitus on osaltaan vaikuttanut eläinten terveyteen. Toisaalta samaan aikaan myös monien muiden eläintautien määrät ovat vähentyneet.



Kuva 2. Lihasrappeuman esiintyminen naudoilla ja sioilla vuosien 1994 - 2013.

3.3.2. Rehut

Seleeni on rehuaineissa pääasiassa orgaaniseen valkuaiseen sitoutuneena selenometioniinina ja vähemmässä määrin selenokysteiininä sekä muina selenoyhdisteinä. Seleenin määrä kasviperäisissä rehuissa vaihtelee kasvilajin, kasvukauden ja peltomaan mukaan. Palkokasvien seleenipitoisuus on yleensä pienempi kuin nurmikasvien (Suttle 2010). Suomessa maaperän seleenipitoisuuden tiedetään olevan alhainen, mutta sen lisäksi sääolosuhteista ja geokemiallisista syistä johtuen kasvien seleenin saanti on rajallinen (Ylärinta 1985).

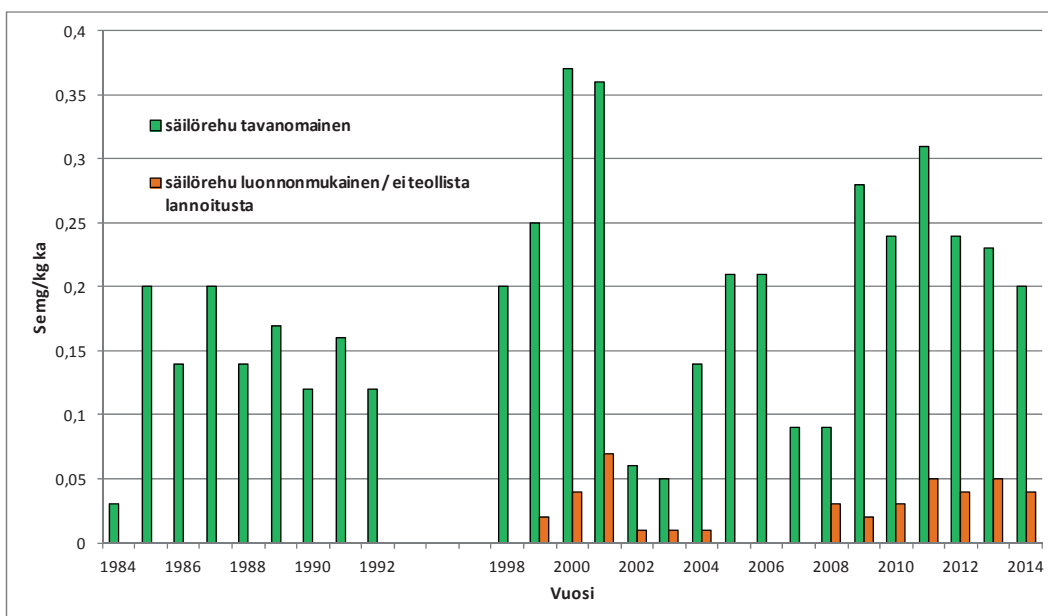
Vuosina 1984 - 2014 nurmisäilörehun seleenipitoisuus on vaihdellut välillä $0,03 - 0,37 \text{ mg kg}^{-1}$ ka (kuva 3). Vuodesta 1984 lannoitteisiin lisätty natriumselenaatti on nostanut säilörehujen seleenipitoisuuden noin kymmenkertaiseksi. Lannoitteisiin lisättyjen seleenimäärien muutokset vuosina 1984, 1990, 1998 ja 2007 näyttäisivät heijastuvan säilörehujen seleenipitoisuuksiin viiveellä, mutta vaikutus ei ole ollut pysyvä pidemmällä aikavälillä. Maatilojen teollisten lannoitteiden käytön vähentyminen (Tike 2014), markkinoilla olevien teollisten lannoitteiden valikoiman lisääntyminen ja teollisten lan-

noitteiden seleenipitoisuuksien erot (Ylhäinen 2014) voivat vaikuttaa osaltaan säilörehujen seleenipitoisuuksiin.

Luonnonmukaisesti tai muutoin ilman teollisia lannoitteita tuotettu säilörehu on sisältänyt lähes kymmenen kertaa vähemmän seleeniä kuin tavanomaisesti tuotettu rehu (kuva 3). Luomunautojen ja -lampaiden määrän kasvaminen vuosi vuodelta (Tike 2014) lisää niiden eläinten määrää, jotka eivät saa teollisilla seleeniä sisältävillä lannoitteilla lannoitettua säilörehua tai viljaa ja joiden riittävästä seleeninsaannista tulee huolehtia muulla tavoin. Kevätsadon säilörehut sisältävät enemmän seleeniä kuin kesä ja syysadon rehut. Suomessa ohran ja kauran seleenipitoisuuksien vaihtelu on 1990-luvun alusta lähtien tasaantunut keskimäärin välille 0,10 - 0,14 mg kg⁻¹ ka. Vuodesta 2002 lähtien rehuohraa ja kauraa ei ole eroteltu seleeniseurannassa vastaavista elintarviketiljoista, joiden tuloksista kerrotaan tämän raportin kohdassa 3.4.1.1.

Yleisesti käytetyistä valkuaisrehuista ainoastaan kalajauho sisältää huomattavasti seleeniä (Suttle 2010). Euroopan unionin komission asetuksen (EY) N:o 999/2001 mukaan kalajauho ei ole kuitenkaan sallittu rehuaine märehitijöiden ruokinnassa, paitsi vieroittamattomien nuorten märehitijöiden kaupallisessa juottorehussa. Muille tuotantoeläimille kalajauho tarjoaa hyvän valkuaisen ja seleenin lähteen.

Rehuihin voidaan lisätä epäorgaanista (natriumseleniitti tai -senaatti ja aminohappojen seleenisuolat, natriumsenaatti poistuu rehun lisäaineiden rekisteristä vuonna 2016) että orgaanista (seleenihiiva) seleeniä rehun lisäaineena. Seleenin korkein sallittu määrä täysrehussa tai päiväannoksessa on 0,5 mg kg⁻¹ 12 % kosteutta sisältävää rehua. Sallittu enimmäismäärä koostuu sekä rehuainesten luonnostaan sisältämästä seleenistä että lisätystä seleenistä (Rehujen lisäaineiden rekisteri 2015). Elintarviketurvallisuusvirasto Evira valvoo teollisesti valmistettujen rehujen turvallisuutta. Vuonna 2014 seleeniä analysoitiin 51 teollisesti valmistetun tuotantoeläinten rehunäytteistä, joista kahdessa todettiin ylityksiä (Evira 2015).



Kuva 3. Säilörehun seleenipitoisuus vuosina 1984 – 2014.

3.4. Elintarvikkeet

Elintarvikkeiden seleenipitoisuudet vaihtelevat maapallon eri alueilla riippuen maaperän ominaisuuksista ja seleenipitoisuudesta. Geokemialliset tekijät vaikuttavat suuresti liukoisen, kasveille käyttökelpoisen seleenin määrään maaperässä ja sitä kautta seleeniin siirtymiseen elintarvikeketjuun. Seleeni ei ole kasveille välttämätön alkuaine. On kuitenkin viitteitä siitä, että seleeni suojaa myös kasveja oksidatiivista stressiä vastaan. Kasvit ottavat seleeniä maavedestä ensisijaisesti selenaatina, mutta myös seleniitti ja orgaaninen seleeni ovat kasveille käyttökelpoisia muotoja. Rikki ja seleeni ovat kemiallisesti samankaltaisia alkuaineita ja kasvit ottavat niitä samalla mekanismilla. Tästä syystä rikkipitoiset kasvit kuten sipulit ja kaalikasvit sisältävät usein enemmän seleeniä kuin muut viljelykasvit (Seppänen et al. 2003, Sors et al. 2005, Winkel et al. 2015). Seleenin pitoisuudet viljelykasveissa vaihtelevat kasvilajin ja lajikkeen mukaan. Kasvi- ja eläinperäisissä elintarvikkeissa seleeni on pääasiassa selenometioniinina ja/tai selenokysteiininä sitoutuneena proteiineihin. Tästä syystä seleenipitoisuudet ovat usein suurempia eläinperäisissä elintarvikkeissa, joiden proteiinipitoisuus on korkea.

Seleenilannoitus on osoittautunut tehokkaaksi keinoksi vaikuttaa sekä kasvi- että eläinperäisten elintarvikkeiden seleenipitoisuuksiin. Seleenipitoisten lannoitteiden käyttö on nostanut kotimaisten elintarvikkeiden seleenipitoisuudet Eurooppalaisittain hyvälle tasolle. Lannoitteiden käyttömäärien ja seleenipitoisuuksien muutokset (1990, 1998, 2007) näkyvät selkeästi elintarvikkeiden seleenipitoisuuksissa.

3.4.1. Kasviperäiset elintarvikkeet

3.4.1.1. Vilja

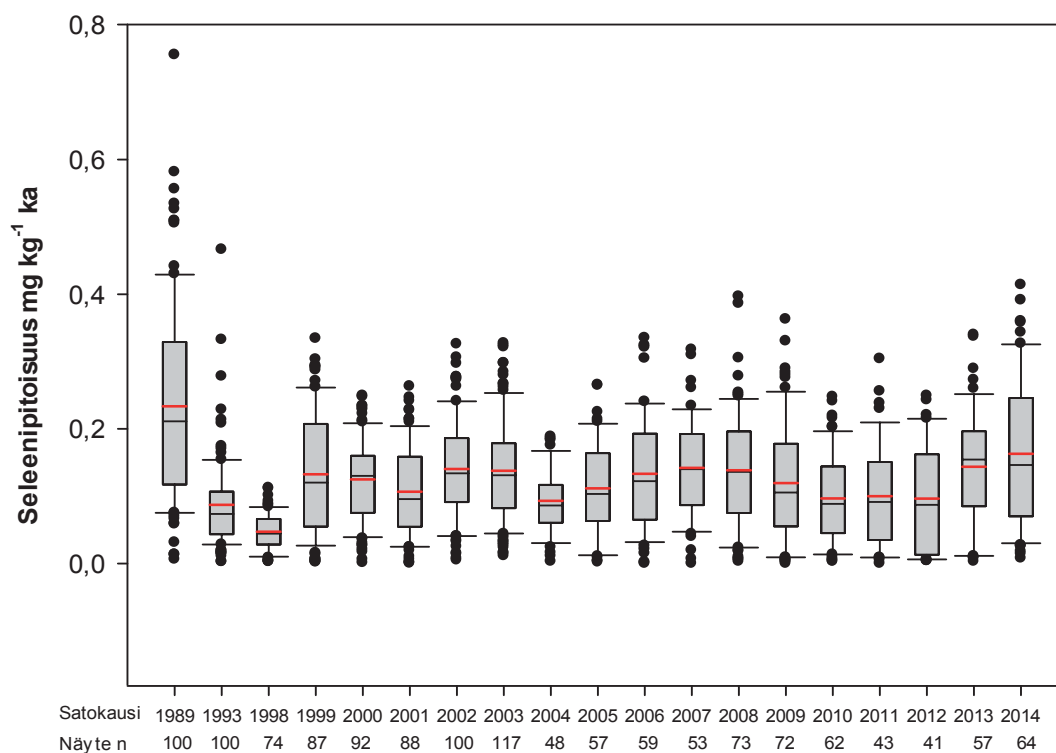
Viljanäytteiden seleenipitoisuuksia on esitetty taulukossa 2 ja kuvissa 4 - 8. Vuonna 2014 viljojen keskimääräiset seleenipitoisuudet tilanäytteissä olivat seuraavat: kaura $0,16 \pm 0,11 \text{ mg kg}^{-1} \text{ ka.}$, ohra $0,15 \pm 0,10 \text{ mg kg}^{-1} \text{ ka.}$, kevätvehnä $0,16 \pm 0,10 \text{ mg kg}^{-1} \text{ ka.}$, syysvehnä $0,13 \pm 0,10 \text{ mg kg}^{-1} \text{ ka.}$, ruis $0,09 \pm 0,10 \text{ mg kg}^{-1} \text{ ka.}$ Kevätviljojen seleenipitoisuudet ovat korkeampia kuin syysviljojen pitoisuudet. Tilanäytteiden seleenipitoisuuksien vaihtelu on suurta, sillä kasvuolosuhteet yksittäisillä tiloilla vaihtelevat huomattavasti (käytetty lannoitus ja levitysmäärät, maalaji, sääolosuhteet tms.). Kevätviljojen seleenipitoisuudet vaihtelivat välillä $<0,010\text{-}0,410 \text{ mg kg}^{-1} \text{ ka.}$ ja syysviljojen välillä $<0,010\text{-}0,380 \text{ mg kg}^{-1} \text{ ka.}$ Pienien seleenipitoisuuksien taustalla olevia tekijöitä ovat seleenittömien lannoitteiden ja karjanlannan käyttö, lannoitteiden pienet levitysmäärät ja maan matala pH.

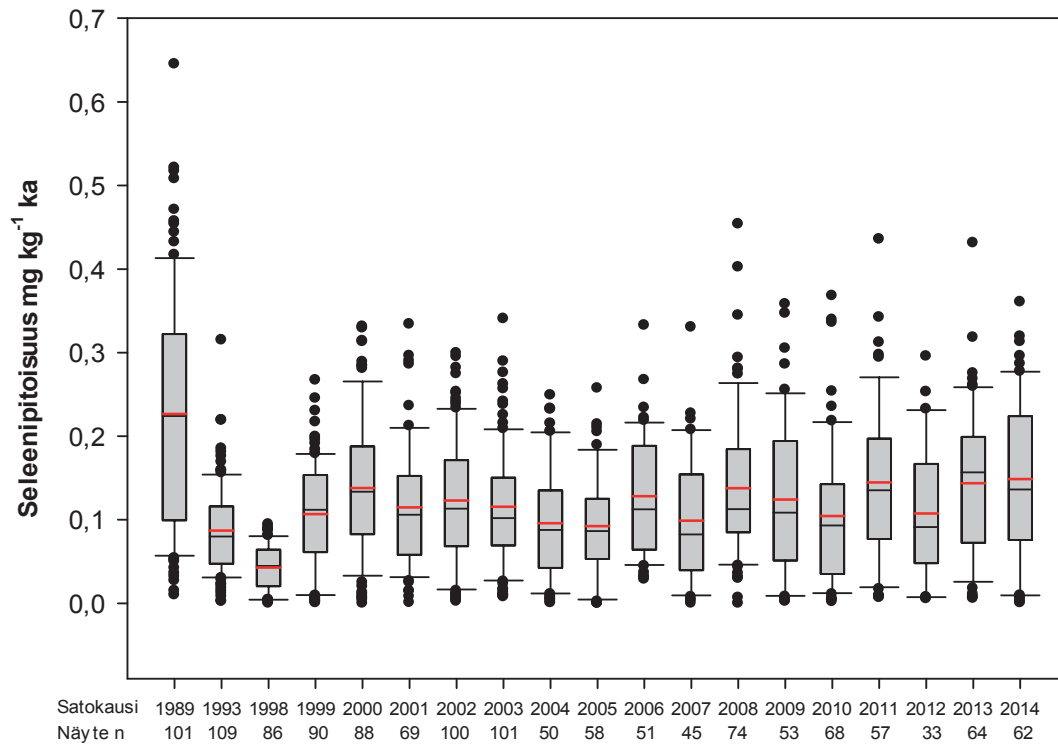
Vuoden 1998 seleenilannoitustason muutoksen jälkeen kevätviljojen seleenipitoisuudet ovat pysyneet varsin tasaisina koko 2000-luvun. Seleenilannoitustasoa nostettiin vuonna 2007 $10 \text{ mg:sta kg}^{-1}$ $15 \text{ mg:aan kg}^{-1}$. Muutoksen jälkeen viljojen seleenipitoisuuksien hajonta on hieman kasvanut. Myös kevätviljojen keskimääräiset seleenipitoisuudet ovat hieman nousseet vuosina 2013 ja 2014. Pitoisuuksiin vaikuttavat lannoituksen lisäksi myös kasvukauden olosuhteet, esim. vuoden 2012 satokausi oli sateinen ja viileä, mikä voi vaikeuttaa kasvien seleeninottoa ja nopeuttaa seleenin pelkistymistä ja sitoutumista maaperään. Tämä näkyy vuoden 2012 vehnän ja rukiin pienempinä seleenipitoisuuksina. Vehnän ja rukiin pääviljelyalue on suppeampi kuin kauran ja ohran painottuen Etelä- ja Länsi-Suomeen, jolloin alueellisten sääolosuhteiden vaikutus näkyy selvemmin tuloksissa. Viljasadon laatu vaikuttaa myös seleenipitoisuuksiin. Viljoissa seleeni on pääasiassa sitoutuneena proteiineihin, joten sadon korkea valkuaispitoisuus nostaa seleenipitoisuuksia. Tulevat vuodet näyttävät jäävätkö kevätviljojen seleenipitoisuudet vuosien 2013 - 2014 tasolle.

Vuonna 1983 seleeniryhmä totesi, että seleenin saannin kannalta riittävä viljan seleenipitoisuustaso on $0,1 \text{ mg kg}^{-1}$ (n. $0,11 \text{ mg kg}^{-1} \text{ ka.}$). Lannoitteiden seleenilisäysten muutosten avulla tämä keskimääräinen tavoitetaso on säilynyt 30 vuoden ajan (kuvat 4-8). Muutokset ovat hyvin kompensoineet lannoitteiden käytössä tapahtuneita muutoksia mm. ympäristöehtojen asettamat rajat typen ja fosforin käytölle, lannoitevalikoiman ja lannoituskäytäntöjen muutokset ja orgaanisten lannoitteiden käytön lisääntyminen.

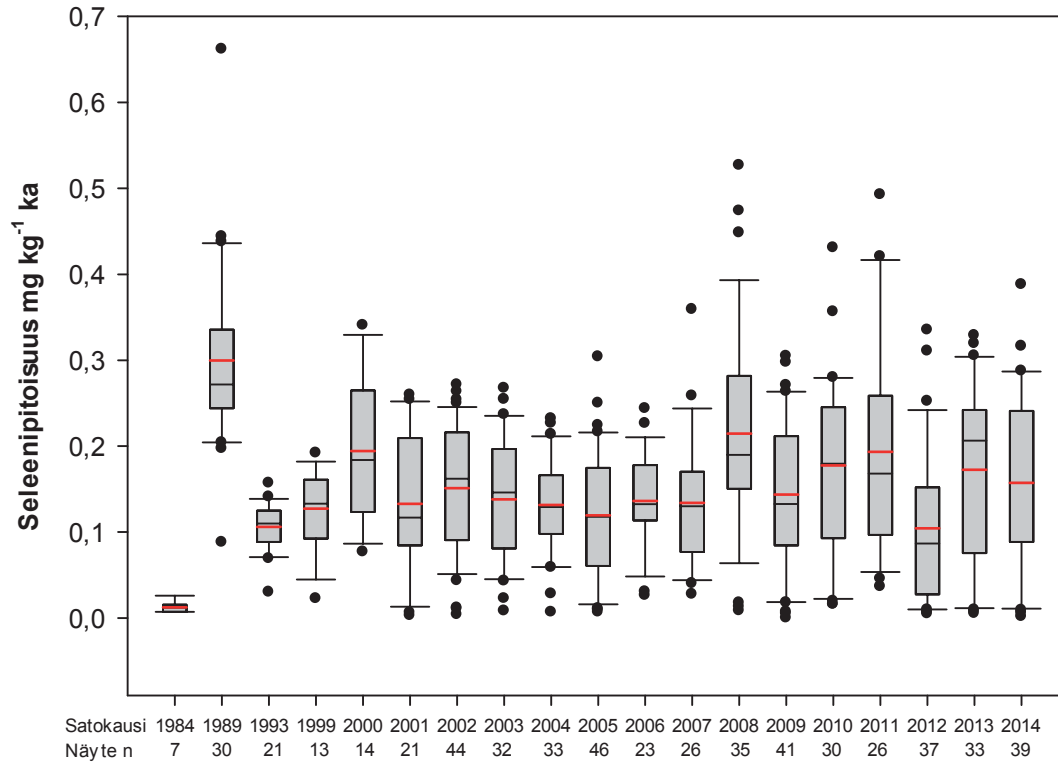
Taulukko 2. Viljojen seleenipitoisuudet tilanäytteissä vuosina 1998 - 2014.

Vuosi	Kaura	Ohra	Kevätvehnä	Syysvehnä	Ruis
1998	0,05 ± 0,03	0,04 ± 0,03	0,11 ± 0,03	0,04 ± 0,04	0,03 ± 0,02
1999	0,13 ± 0,09	0,11 ± 0,06	0,13 ± 0,05	0,08 ± 0,03	0,04 ± 0,06
2000	0,12 ± 0,06	0,14 ± 0,08	0,19 ± 0,08	0,11 ± 0,04	0,09 ± 0,06
2001	0,11 ± 0,07	0,11 ± 0,071	0,13 ± 0,08	0,14 ± 0,05	0,08 ± 0,06
2002	0,14 ± 0,07	0,12 ± 0,07	0,15 ± 0,08	0,13 ± 0,05	0,07 ± 0,06
2003	0,14 ± 0,07	0,12 ± 0,07	0,14 ± 0,07	0,06 ± 0,03	0,08 ± 0,04
2004	0,09 ± 0,05	0,10 ± 0,07	0,13 ± 0,05	0,11 ± 0,03	0,07 ± 0,03
2005	0,11 ± 0,07	0,09 ± 0,06	0,12 ± 0,07	0,10 ± 0,05	0,07 ± 0,05
2006	0,13 ± 0,09	0,13 ± 0,07	0,14 ± 0,05	0,09 ± 0,03	0,07 ± 0,04
2007	0,14 ± 0,07	0,10 ± 0,08	0,13 ± 0,08	0,12 ± 0,06	0,07 ± 0,05
2008	0,14 ± 0,09	0,14 ± 0,09	0,21 ± 0,12	0,17 ± 0,07	0,11 ± 0,07
2009	0,12 ± 0,09	0,12 ± 0,09	0,14 ± 0,08	0,17 ± 0,07	0,10 ± 0,09
2010	0,10 ± 0,06	0,10 ± 0,08	0,18 ± 0,10	0,13 ± 0,06	0,09 ± 0,06
2011	0,10 ± 0,08	0,14 ± 0,09	0,19 ± 0,12		
2012	0,10 ± 0,08	0,11 ± 0,08	0,10 ± 0,09	0,07 ± 0,07	0,03 ± 0,04
2013	0,14 ± 0,08	0,14 ± 0,09	0,17 ± 0,10	0,10 ± 0,09	0,08 ± 0,05
2014	0,16 ± 0,11	0,15 ± 0,10	0,16 ± 0,10	0,13 ± 0,10	0,09 ± 0,10

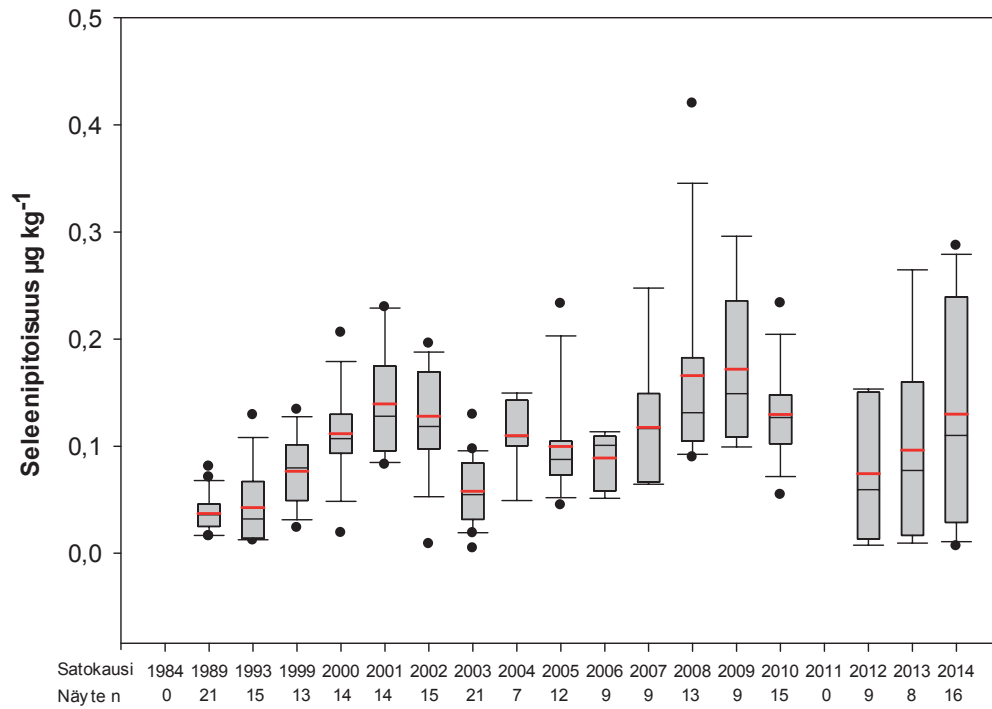
**Kuva 4.** Kauran seleenipitoisuus tilanäytteissä vuosina 1989, 1993 ja 1998 – 2014. Boxplot kuvan selite liitteessä 1.



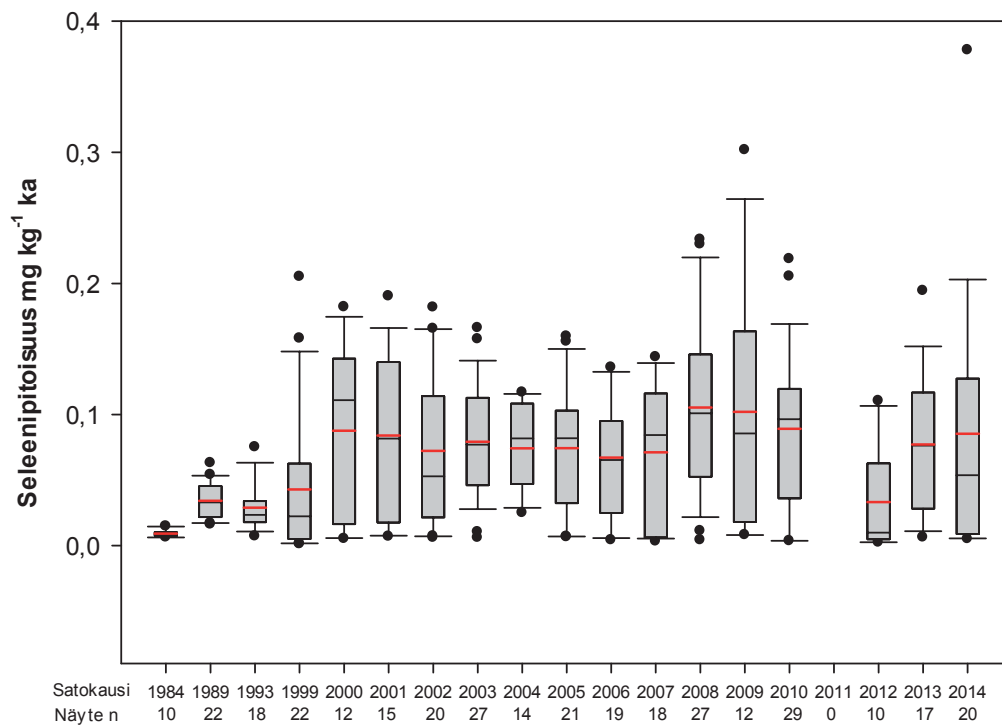
Kuva 5. Ohran seleenipitoisuus tilanäytteissä vuosina 1989, 1993 ja 1998 – 2014. Boxplot kuvan selite liitteessä 1.



Kuva 6. Kevätvehnän seleenipitoisuus tilanäytteissä vuosina 1984, 1989, 1993 ja 1999 – 2014. Boxplot kuvan selite liitteessä 1.



Kuva 7. Syysvehnän seleenipitoisuus tilanäytteissä vuosina 1989, 1999 ja 1998 – 2014. Boxplot kuvan selite liitteessä 1.



Kuva 8. Rukiin seleenipitoisuus tilanäytteissä vuosina 1984, 1989, 1993 ja 1999 – 2014. Boxplot kuvan selite liitteessä 1.

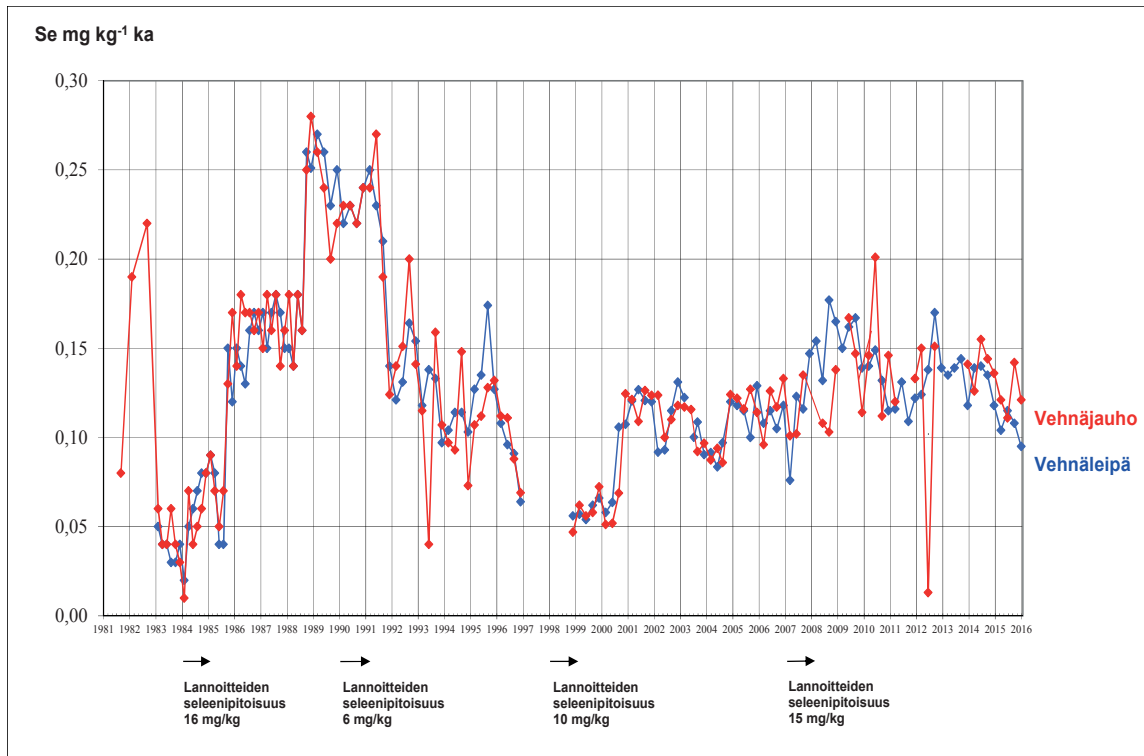
3.4.1.2 Viljatuotteet

Jauhojen ja leipien keskimääräiset seleenipitoisuudet ovat hieman kasvanneet (10 – 25 %) vuoden 2007 lannoitustason muutoksen jälkeen (taulukko 3, kuvat 9 ja 10). Vehnäjauhon keskimääräinen seleenipitoisuus vuonna 2014 oli $0,14 \pm 0,02$, vaihteluväli 0,11 - 0,17 mg kg⁻¹ ka ja vehnäsekaleivän $0,13 \pm 0,02$, vaihteluväli 0,08 - 0,17 mg kg⁻¹ ka. Vastaavasti ruisjauhon pitoisuus oli $0,09 \pm 0,05$ mg kg⁻¹ ja vaihteluväli <0,01 - 0,17 mg kg⁻¹ ka ja ruisleivän $0,07 \pm 0,02$ mg kg⁻¹ ka ja vaihteluväli 0,04 - 0,10 mg kg⁻¹ ka. Tuorepainossa leipien keskimääräinen seleenipitoisuus on suuruusluokkaa 0,06 - 0,08 mg kg⁻¹ riippuen kosteuspitoisuudesta.

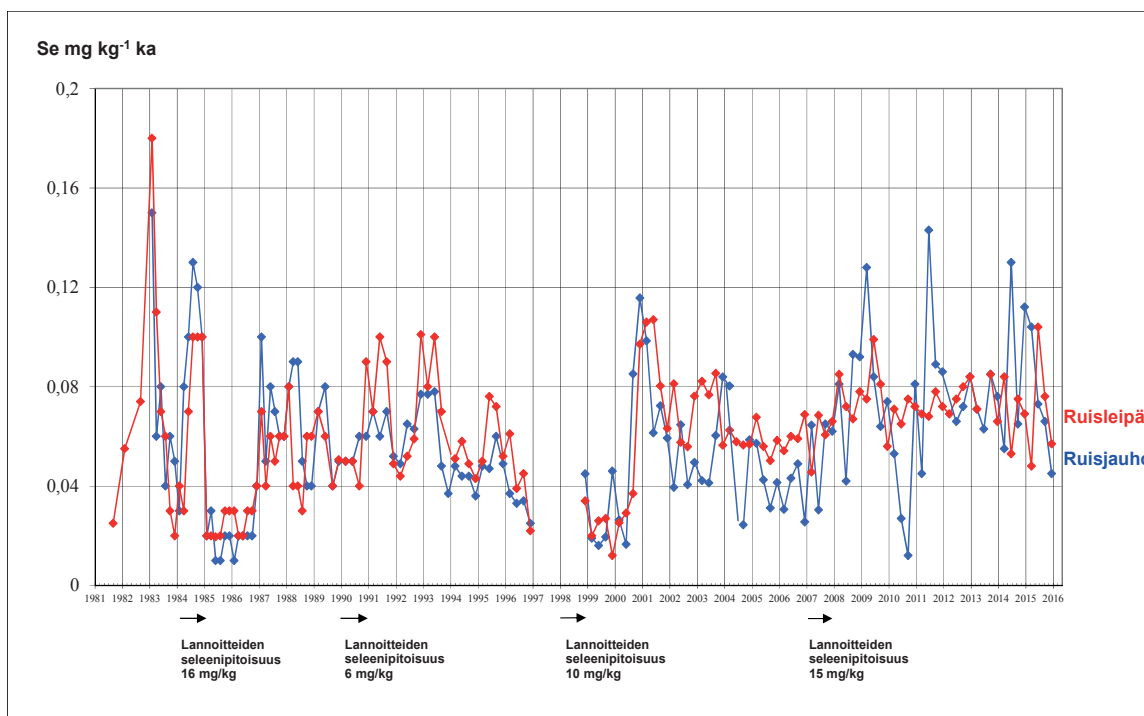
Pitoisuuksien vaihtelu voi olla suurta riippuen kotimaisen leipäviljan riittävydestä. Euroopasta tuotu vilja sisältää yleensä vähemmän seleeniä kuin kotimainen tai pohjoisamerikkalainen vilja. Koska kotimaisen leipäviljan suhteellinen osuus jauhatuksessa vaihtelee vuosittain, seleenilannoitustasojen muutokset eivät aina ole selkeästi havaittavissa. Nyt leipien ja jauhojen keskimääräiset seleenipitoisuudet ovat samalla tasolla kuin vuosina 1991 - 1998, jolloin seleenilannoitustaso oli 6 mg kg⁻¹ (taulukko 3). Ilman lannoitustason nostamista seleenipitoisuudet olisivat todennäköisesti selvästi pienempiä.

Taulukko 3. Viljatuotteiden seleenipitoisuudet ennen seleenilannoituksen aloittamista vuonna 1984 ja vuosina 1985 - 2015.

Tuote	Vehnäjauho	Vehnäleipä	Ruisjauho	Ruisleipä	Kaurahiutale
1984 ei seleenilannoitusta					
n	33	24	33	24	
Keskiarvo ± hajonta	0,06 ± 0,03	0,05 ± 0,04	0,09 ± 0,05	0,07 ± 0,05	
Vaihteluväli	<0,01 – 0,12	<0,01 – 0,13	<0,01 – 0,17	0,01 – 0,08	
1985 - 1990 seleenilannoitus 16 ja 6 mg kg ⁻¹					
n	182	128	177	124	
Keskiarvo ± hajonta	0,17 ± 0,07	0,17 ± 0,06	0,05 ± 0,04	0,04 ± 0,03	
Vaihteluväli	0,01 – 0,33	0,01 – 0,3	0,01 – 0,24	0,01 – 0,14	
1991 - 1998 seleenilannoitus 6 mg kg ⁻¹					
n	119	92	119	96	
Keskiarvo ± hajonta	0,14 ± 0,05	0,14 ± 0,05	0,05 ± 0,03	0,06 ± 0,03	
Vaihteluväli	0,05 – 0,27	0,06 – 0,37	0,01 – 0,25	0,01 – 0,15	
1999 - 2007 seleenilannoitus 10 mg kg ⁻¹					
n	114	177	93	221	17
Keskiarvo ± hajonta	0,10 ± 0,03	0,11 ± 0,03	0,05 ± 0,03	0,06 ± 0,03	0,14 ± 0,05
Vaihteluväli	0,03 – 0,15	0,03 - 0,21	0,01 – 0,14	<0,01 - 0,13	<0,01 – 0,20
2008 - 2015 seleenilannoitus 15 mg kg ⁻¹					
n	54	147	55	152	
Keskiarvo ± hajonta	0,14 ± 0,05	0,14 ± 0,04	0,07 ± 0,04	0,07 ± 0,02	
Vaihteluväli	0,01 – 0,40	0,07 - 0,46	<0,01 – 0,17	0,01 – 0,15	



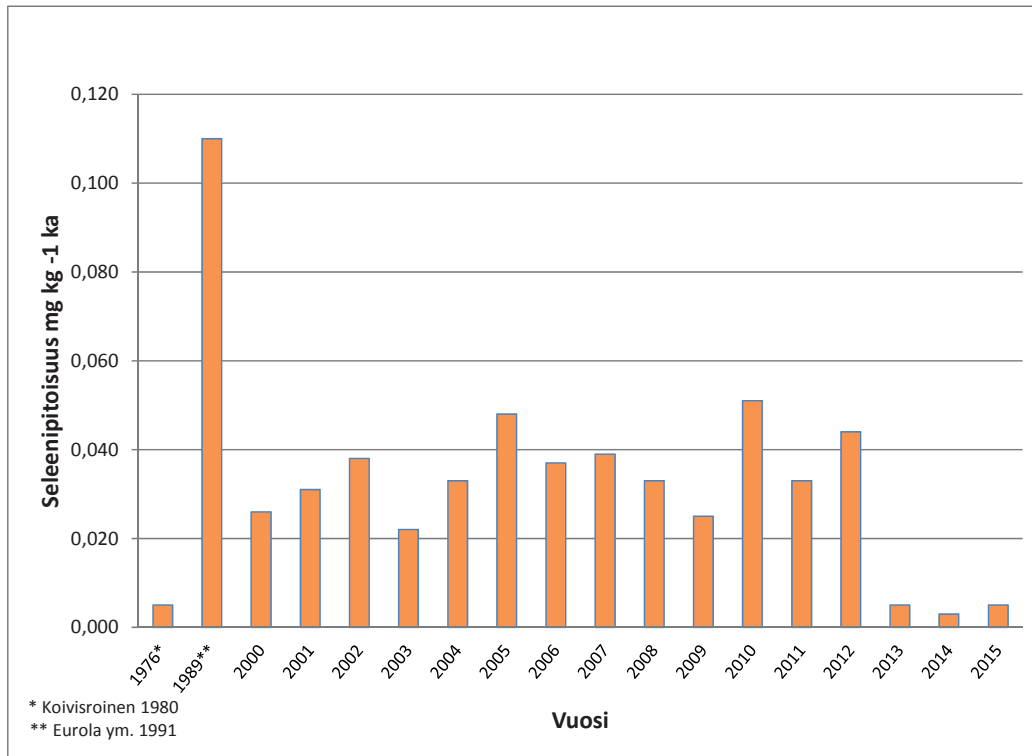
Kuva 9. Vehnäjauhon ja vehnäleivän selenipitoisuus vuosina 1981 - 2015.



Kuva 10. Ruisjauhon ja ruisleivän selenipitoisuus vuosina 1981 - 2015.

3.4.1.3. Kasvikset

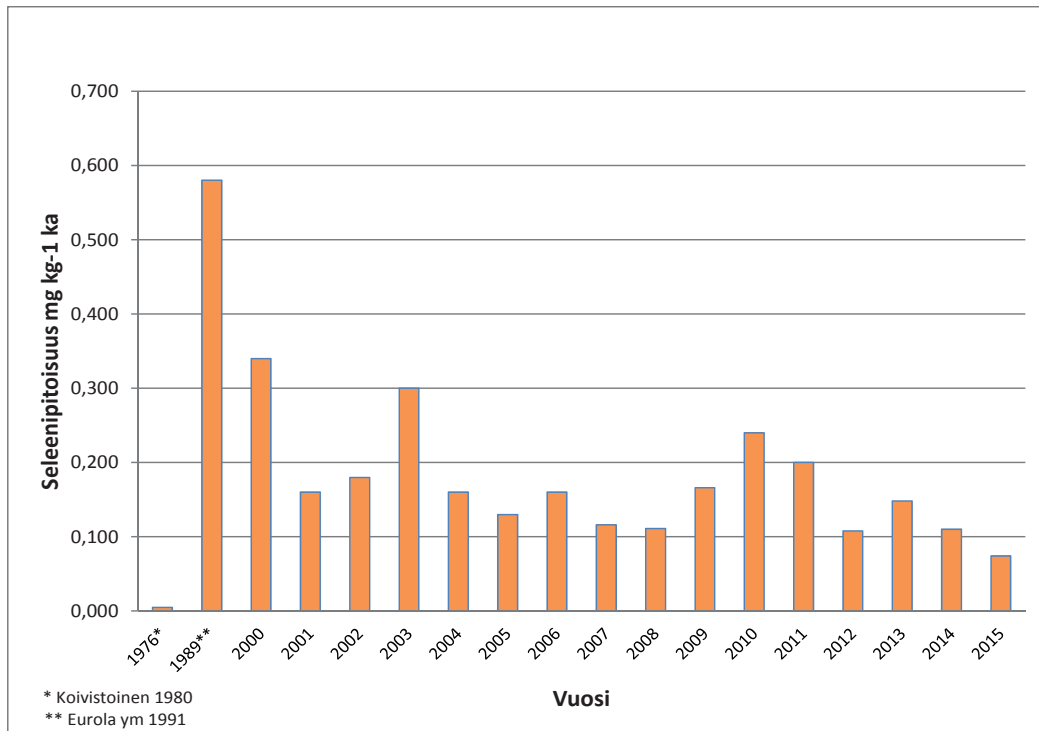
Perunan seleenipitoisuus on pysynyt melko samalla tasolla koko 2000-luvulla. Vaihteluväli on ollut $<0,01 - 0,07 \text{ mg kg}^{-1} \text{ ka}$. Vuosina 2013 -2015 perunan keskimääräiset seleenipitoisuudet ovat pudonneet samalle tasolle kuin ennen seleenilannoituksen aloittamista, $<0,01 \text{ mg kg}^{-1} \text{ ka}$. Syitä tähän on vaikea selvittää. Tutkittujen näytteiden määrä on ollut pieni ja näytteenottoa muutettiin vuonna 2012. Perunan lannoituksessa käytetään yleensä kloorivapaita lannoitteita, joihin ei ole lisätty seleeniä. Jatkoseurannassa selvitetään, onko kyseessä vain näytemäärien vähäisyydestä johtuva sattuma vai mahdollisesti jokin muu viljelyyn liittyvä tekijä.



Kuva 11. Perunan keskimääräinen seleenipitoisuus vuosina 1976, 1989 ja 2000 - 2015.

Valkokaalin keskimääräiset seleenipitoisuudet ovat 2000-luvulla vaihdelleet välillä $0,10 - 0,30 \text{ mg kg}^{-1} \text{ ka}$. Seleeni-pitoisuuksien vaihtelu on suurta. Vuonna 2015 kaalin seleeni-pitoisuudet vaihtelivat välillä $0,014 - 0,10 \text{ mg kg}^{-1} \text{ ka}$. Kaalikasvit kuuluvat ristikukkaisten (*Cruciferae*)-kasvien sukuun, jotka ottavat rikkiä ja rikin ohella myös seleeniä tehokkaammin maasta kuin esim. viljakasvit. Kaalikasvien ravinteiden tarve on suurta ja ne vaativat voimakkaan lannoituksen. Sadonmuodostuksen kannalta keskeisiä ravinteita ovat typpi, rikki, boori ja mangaani.

Seleeniseurannassa on satunnaisesti analysoitu myös muita kasviksia. Vuonna 2014 herneen seleeni-pitoisuus oli $0,08 \text{ mg kg}^{-1} \text{ ka}$. Vastaavasti luomuherneen pitoisuus oli $<0,01 \text{ mg kg}^{-1} \text{ ka}$ (Ekholm et al. 2015)



Kuva 12. Valkokaaalin keskimääräinen seleenipitoisuus vuosina 1976, 1989 ja 2000 - 2015.

3.4.2. Eläinperäiset elintarvikkeet

3.4.2.1. Maito ja maitotuotteet, kananmuna

Viimeisimmän seleenilannoitustason muutoksen jälkeen maidon ja juuston keskimääräiset seleenipitoisuudet ovat kasvaneet noin 10 % (taulukko 4, kuvat 13 ja 14). Pitoisuudet ovat nyt samalla tasolla kuin 1980-luvun lopulla.

Kulutusmaidon keskimääräinen seleenipitoisuus vuonna 2015 oli $0,22 \pm 0,02$ ja vaihteluväli 0,19 - 0,24 mg kg⁻¹ ka. Vastaavasti kevytmaidon pitoisuudet olivat $0,26 \pm 0,02$ mg kg⁻¹ ja vaihteluväli 0,23 - 0,27 mg kg⁻¹ ka. Tuorepainossa maitojen keskimääräinen seleenipitoisuus on suuruusluokkaa 0,028 mg kg⁻¹. Maidon seleenipitoisuuksissa oli aikaisemmin havaittavissa selvää vuodenaikaisvaihtelua laidunkauden ja sisäruokintakauden välillä; laidunkaudella seleenipitoisuudet olivat pienempiä. Nykyisin tämä vaihtelu ei ole yhtä selkeä.

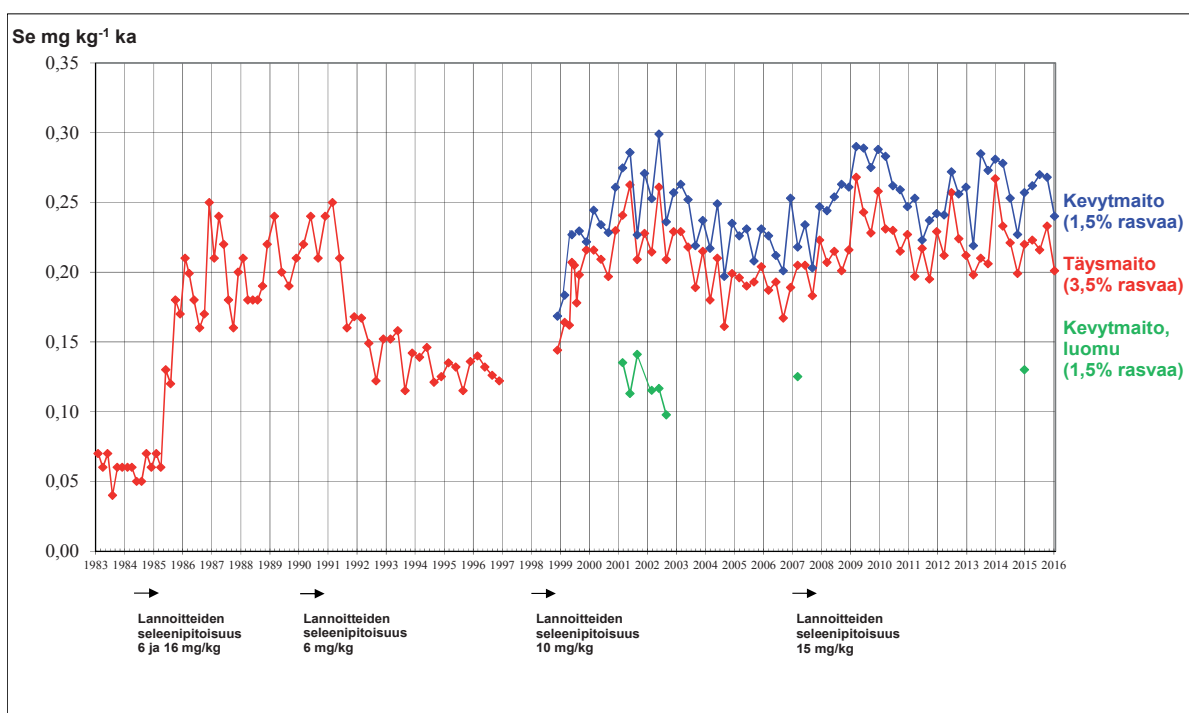
Maidossa ja maitotuotteissa seleeni on pääasiassa sitoutuneena proteiineihin. Rasvattomien maitotuotteiden proteiinipitoisuus on suhteellisesti suurempi kuin rasvaisten maitovalmisteiden. esimerkiksi rasvattoman maitojauheen proteiinipitoisuus on 9 % suurempi kuin rasvaisen maitojauheen, mikä näkyy kevytmaidon suurempana seleenipitoisuutena.

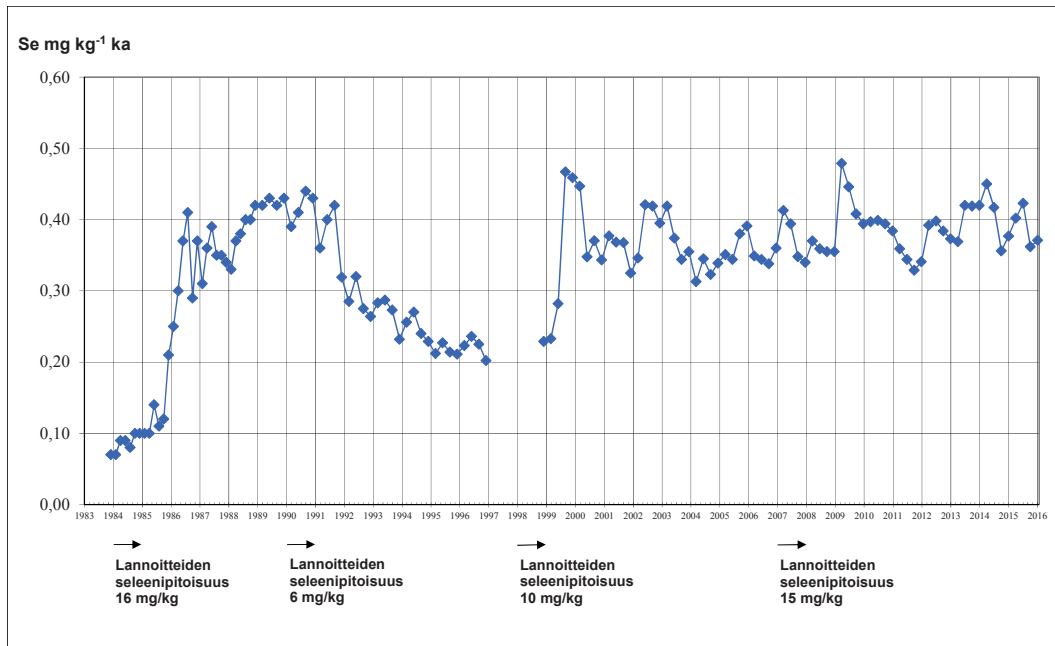
Juuston keskimääräinen seleenipitoisuus vuonna 2015 oli $0,39 \pm 0,04$ ja vaihteluväli 0,33- 0,45 mg kg⁻¹ ka. Tuorepainossa juuston keskimääräinen seleenipitoisuus on suuruusluokkaa 0,23 mg kg⁻¹. Juuston seleenipitoisuudet ovat noin 1,8 kertaa suurempia kuin maidossa johtuen korkeammasta proteiinipitoisuudesta. Juuston seleenipitoisuuksien hajonta on pienempää kuin maidoissa. Pitkän valmistusprosessin johdosta eri ruokintakausien vaikutus seleenipitoisuuksiin tasoittuu.

Kotimaisista eläinperäisistä elintarvikkeista löytyy seleeniä myös luomutuotteista. Rehulainsäädäntö sallii seleenin lisäämisen myös luomutuotantoon tarkoitettuihin teollisesti valmistettuihin rehuihin noudattaen vallitsevaa rehulainsäädäntöä. Luonnonmukaisesti tuotetun maidon seleenipitoisuudet ovat noin puolet tavanomaisesti tuotetun maidon pitoisuuksista (kuva 13, Ekholm et. al. 2015), mutta kuitenkin selvästi suurempia kuin ennen seleenilannoituksen aloittamista. Pelkästään niukasti seleeniä sisältävän nurmirehun ja viljan käyttö saattaa kuitenkin johtaa liian niukkaan seleeninsaantiin ja puutossairauksia voi ilmetä.

Taulukko 4. Maidon, juuston ja kananmunien seleenipitoisuudet ennen seleenilannoituksen aloittamista vuonna 1984 ja vuosina 1985 - 2015.

Tuote	Kulutusmaito	Kevytmaito	Juusto, Edam	Kananmuna
1984 ei seleenilannoitusta				
n	24		24	24
Keskiarvo ± hajonta	0,06 ± 0,01		0,09 ± 0,02	0,69 ± 0,15
Vaihteluväli	0,04 – 0,07		0,06 – 0,12	0,35 – 0,94
1985 - 1990 seleenilannoitus 16 ja 6 mg kg ⁻¹				
n	177		156	127
Keskiarvo ± hajonta	0,15 ± 0,07		0,28 ± 0,14	1,13 ± 0,25
Vaihteluväli	0,04 – 0,26		0,06 – 0,53	0,42 – 1,66
1991 - 1996 seleenilannoitus 6 mg kg ⁻¹				
n	84		93	96
Keskiarvo ± hajonta	0,15 ± 0,03		0,27 ± 0,06	0,97 ± 0,18
Vaihteluväli	0,11 – 0,26		0,06 – 0,53	0,71 – 1,70
1999 - 2007 seleenilannoitus 10 mg kg ⁻¹				
n	176	168	177	168
Keskiarvo ± hajonta	0,20 ± 0,03	0,23 ± 0,03	0,37 ± 0,05	1,02 ± 0,13
Vaihteluväli	0,15 – 0,28	0,18 - 0,33	0,22 – 0,53	0,70 – 1,45
2008 - 2015 seleenilannoitus 15 mg kg ⁻¹ poikkeustapaukset 25 mg kg ⁻¹				
n	148	151	150	151
Keskiarvo ± hajonta	0,22 ± 0,02	0,26 ± 0,03	0,39 ± 0,04	0,93 ± 0,13
Vaihteluväli	0,18 – 0,29	0,15 - 0,32	0,29 – 0,51	0,64 – 1,23

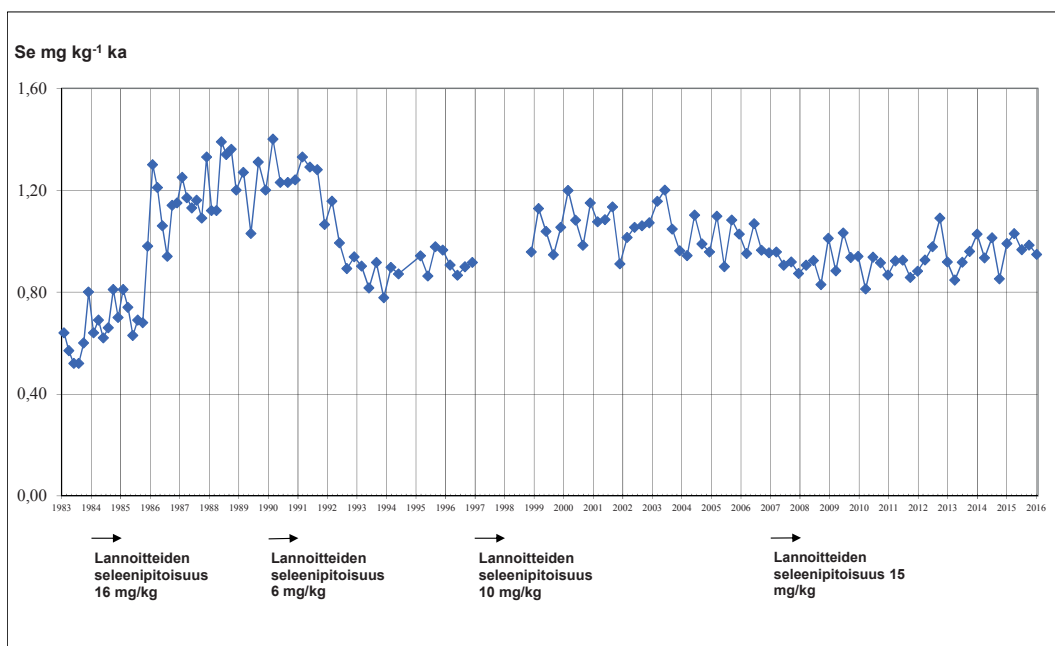
**Kuva 13.** Maidon seleenipitoisuus vuosina 1983 - 2015.



Kuva 14. Juuston seleenipitoisuus vuosina 1984 - 2015.

Kananmunan seleenipitoisuudet kasvoivat seleenilannoituksen aloittamisen jälkeen 30 - 40 %:a ja pienentyivät 1990-luvun alussa nykyiselle tasolle (kuva 15). Vuonna 2015 kananmunien keskimääräinen seleenipitoisuus oli $0,98 \pm 0,13$, vaihteluväli $0,77 - 1,23 \text{ mg ka}^{-1}$ ka. Vastaavasti tuorepainossa kananmunan seleenipitoisuus on keskimäärin $0,24 \text{ mg kg}^{-1}$. Pitoisuudet ovat pysyneet tasaisina koko 1990 ja 2000-luvulla ja vakiintuneet nykyisellä seleenilannoitustasolla noin $0,90 - 1,00 \text{ mg:aan kg}^{-1}$ ka. Kananmunien seleenipitoisuuksiin vaikuttaa pääasiassa seleenin määrä käytetyssä rehussa. Suomessa kanojen ruokinnassa käytetään lähinnä teollisia rehuja ja viljaa.

Luonnonmukaisesti tuotettujen kananmunien seleenipitoisuus oli vuonna 2014 $0,64 \text{ mg kg}^{-1}$ ka, keskimäärin noin 30 % pienempi kuin tavanomaisessa tuotannossa. Aikaisemmissa tutkimuksissa luonnonmukaisesti ja tavanomaisesti tuotettujen kananmunien välillä ei havaittu eroja (Eurola et. al. 2008).



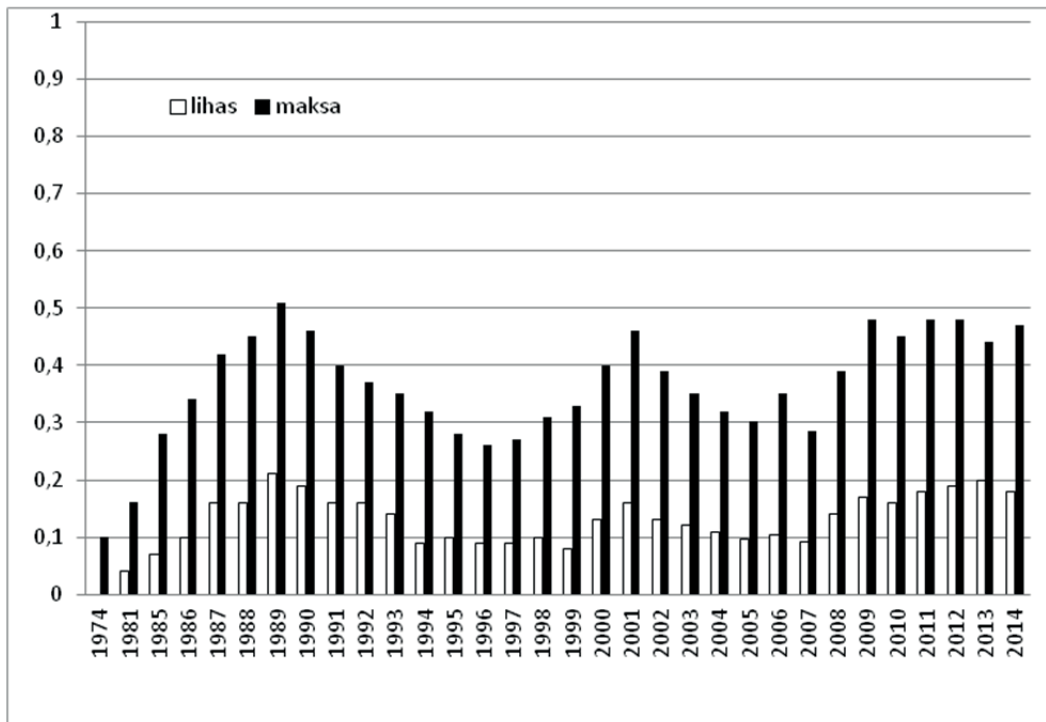
Kuva 15. Kananmunan seleenipitoisuus vuosina 1983 - 2015.

3.4.2.2. Liha ja sisäelimet

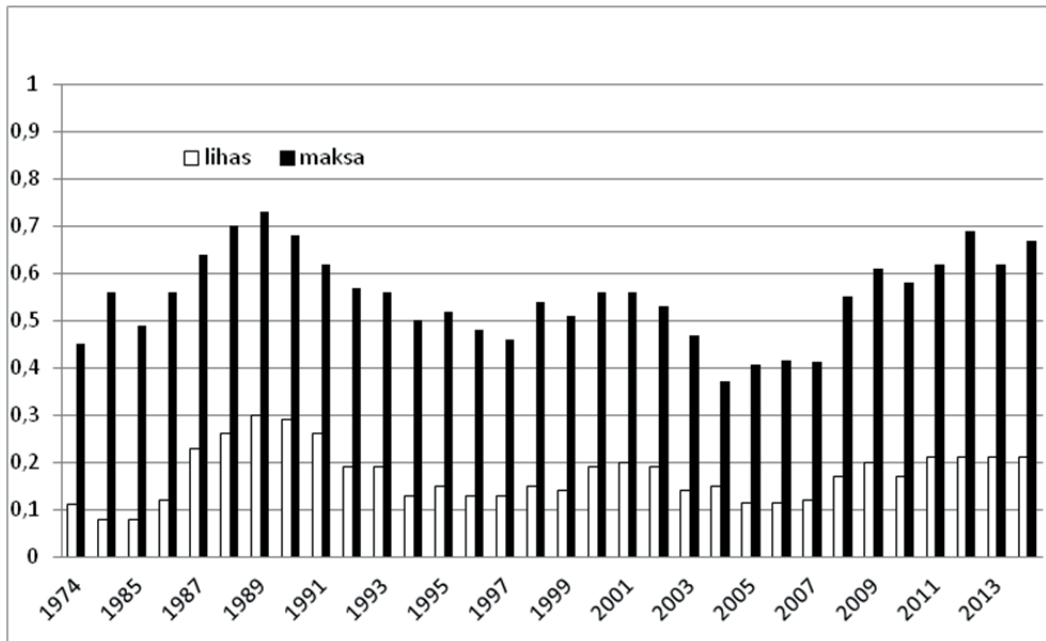
Sian ja naudan liha- ja maksanäytteitä on analysoitu Elintarviketurvallisuusvirasto Evirassa kansalliseen vierasainevalvontaohjelmaan tulleista teurastamonäytteistä. Näytteitä on tullut kuukausittaisen ohjelman mukaisesti n. 20 eri teurastamosta ympäri Suomen. Seleenin on analysoitu vuosittain noin 120 näytteestä (30 naudan lihaa, 30 naudan maksaa, 30 sian lihaa ja 30 sian maksaa).

Näytteet hajotettiin mikroaaltouunihajotuksella ja analysointiin atomiabsorptiospektrometrisesti hydridimenetelmällä vuoteen 2011 saakka, jonka jälkeen seleeni on määritetty ICP-MS:llä. Naudan ja sian seleenipitoisuus on seurannut aika tarkasti lannoitteiden seleenilisäyksessä tapahtuneita muutoksia. Sian ja naudan lihan seleenipitoisuus on vuoden 2014 tulosten perusteella suunnilleen samalla tasolla n. 0,18 mg kg⁻¹ (sika) ja 0,21 mg kg⁻¹ (nauta), mutta sian maksan seleenipitoisuus 0,67 mg kg⁻¹ on jonkin verran suurempi kuin naudan maksan seleenipitoisuus 0,47 mg kg⁻¹.

Vuonna 2014 kerättiin vähittäiskaupoista kaksi luomuliha-näytettä. Luonnonmukaisesti tuotetun naudanlihan seleenipitoisuudet olivat lähellä tavanomaisesti tuotettua lihaa; naudan paisti 0,11 ja porsaan filee 0,19 mg kg⁻¹. Tuotantoeläimillä riittävästä seleenisaannista huolehditaan myös luomutuotannossa seleenipuutosairauksien ehkäisemiseksi (Ekholm et al. 2015). Erityisesti nopeasti kasvavilla eläimillä riittävästä seleeninsaannista on huolehdittava.



Kuva 16. Naudan lihan ja maksan seleenipitoisuus mg kg⁻¹ tuorepainoa.



Kuva 17. Sian lihan ja maksan seleenipitoisuus mg kg⁻¹ tuorepainoa.

3.4.2.3. Kala

Seleenilannoituksella ei ole ollut vaikutusta kalojen seleenipitoisuuksiin. Silakan keskimääräinen seleenipitoisuus vuonna 2015 oli $0,85 \pm 0,08$ mg kg⁻¹ ka. ja kirjolohen $0,43 \pm 0,03$ mg kg⁻¹ ka. Kala on hyvä seleenilähde, seleeniä on runsaasti mm. kalan maksassa, mädissä ja lihaksessa.

Silakan seleenipitoisuudet vaihtelevat kalan rasvapitoisuuden mukaan. Kesällä silakan rasvapitoisuus on pienempi kuin syksyllä ja talvella jolloin kesällä proteiinipitoisuus on suhteessa suurempi ja seleenipitoisuudet hieman suurempiakin talvella. Viljellyn kirjolohen seleenipitoisuuksiin vaikuttaa pääasiassa käytetyn rehun seleenipitoisuus.

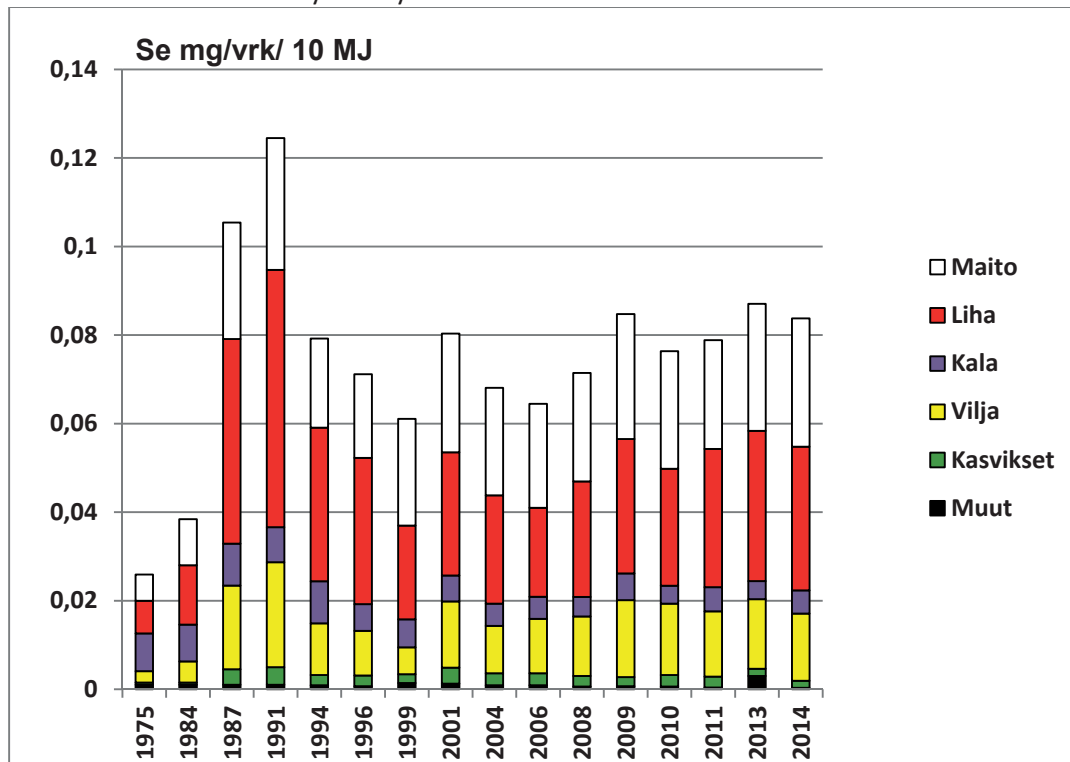
3.5. Seleenin saanti

Seleenilannoituksen tarkoitus oli nostaa keskimääräinen päivittäinen seleeninsaanti riittäväksi. 1970-luvulla tehdyssä kivennäisainetutkimuksessa oli todettu, että seleeninsaanti Suomessa oli poikkeuksellisen alhainen. Joinain vuosina saannin todettiin olleen vain 0,025 mg/vrk energiatasolla 10 MJ (Koivistoinen 1980, Koivistoinen ja Varo 1987).

Lannoitteisiin lisätyn seleenin vaikutus elintarvikkeiden seleenipitoisuuksiin ja sitä kautta keskimääräiseen seleeninsaantiin on ollut erittäin selvä. Vuosina 1985 - 1990 energiavakioitu seleenin saanti oli 0,11 - 0,12 mg/vrk (Ekholm 1997). Seleenin määrän vähentäminen lannoitteissa laski keskimääräistä seleenin saantia ja se oli alhaisin 0,06 mg/vrk vuonna 1999. Koko 2000-luvun keskimääräinen seleenin saanti Suomessa on ollut n. 0,08 mg/vrk energiatasolla 10 MJ (kuva 18). Seleenin saanti vastaa hyvin uusia kotimaisia, pohjoismaisia sekä kansainvälisiä saantisuosituksia, jotka ovat 0,05 mg/vrk naisille ja 0,06 mg/vrk miehille (Valtion Ravitsemusneuvottelukunta 2014, Norden 2012, Food and Nutrition Board and Institute of Medicine 2010).

Tärkeimmät seleenin lähteet ovat maito, liha ja kala. Yhteensä näistä elintarvikkeista saadaan nykyisin n. 80 % päivittäisestä seleeninsaannista (kuva 18). Monipuolinen ruokavalio on seleeninsaannin kannalta paras vaihtoehto. Mutta myös kasvisruokavaliosta on todettu saatavan riittävästi seleeniä (Kivimäki 2013). Perustellusti voidaan myös olettaa, että liian korkea pitkäaikainen seleeninsaanti on erittäin epätodennäköistä millään ruokavaliolla.

Saantiarvio perustuu MMM:n kokoamaan ja julkaisemaan ravintotaseeseen. Saantilaskelmaa tehtäessä on käytetty aina uusinta olemassa olevaa ravintotaseen ennakkoa (TIKE 2015). Tämän laskentatavan on todettu antavan luotettavan ja muihin menetelmiin nähden vertailukelpoisen tuloksen (Ekholm 1997). Seleeninsaanti arvioissa oletetaan, että kaikki kulutetut elintarvikkeet ovat kotimaisia. Laskelma yliarvioi seleeninsaantia tältä osin ja sen luotettavuus heikkenee sitä mukaan, kun elintarvikkeiden tuonti Suomen ulkopuolelta lisääntyy ja tuotanto keskittyy EU:n alueella niin, että käytetyt raaka-aineet eivät enää ole kotimaisia. Voitaneen kuitenkin olettaa, että edelleen valtaosa käytetyistä elintarvikkeista on kotimaista alkuperää, joten elintarvikkeiden tuonti EU-alueelta ei ole toistaiseksi merkittävästi vähentänyt tehdyn saantiarvion luotettavuutta.



Kuva 18. Keskimääräinen päivittäinen seleeninsaanti Suomessa vuosina 1975 - 2014

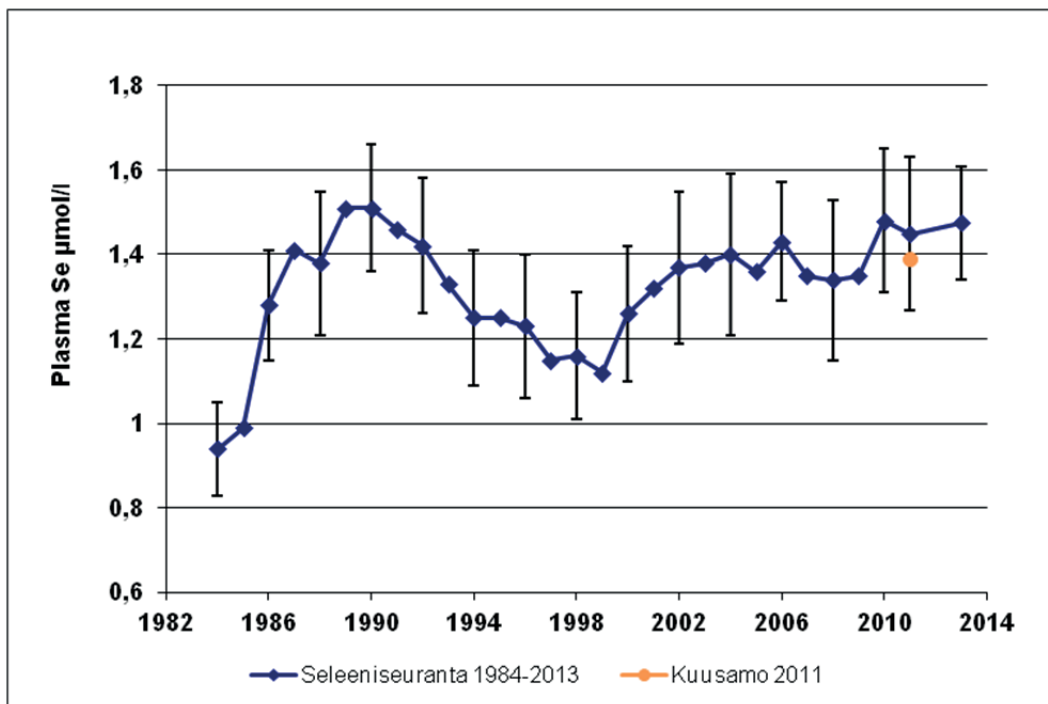
3.6 Ihmisen veri ja seerumi

Seleenipitoisuuksia ihmisen verestä ja seerumista on mitattu vuodesta 1985. Seleenin seurantarhmiä on ollut Helsingissä ja Leppävirralla. Näistä Leppävirran seurantarhmiä on pääosin pysynyt samana tutkimuksen alusta saakka. Vuosina, jolloin seurantarhmit on kerätty molemmilla paikkakunnilla, on tulokset yhdistetty, koska seerumin seleenitulokset ovat yhteneväiset.

Ennen seleenin lisäämistä lannoitteisiin oli seerumista mitattu seleenipitoisuus $0,85 \mu\text{mol l}^{-1}$. Kun lannoitteisiin lisättiin seleeni, nähtiin selvä nousu seerumin seleenitasossa. Korkeimmillaan seleenipitoisuus on ollut vuonna 1990 ollen $1,5 \mu\text{mol l}^{-1}$ (kuva 19). Tämän jälkeen seleenitaso laski $1,1 \mu\text{mol l}^{-1}$ peilaten viljan lannoitteiden seleenimäärissä tapahtunutta muutosta ($16 \rightarrow 6 \text{ mg kg}^{-1}$). Uusi nousu seleenin seerumipitoisuuksissa havaitaan vuoden 1998 jälkeen, kun kaikkien lannoitteiden seleenipitoisuutta nostettiin pitoisuuteen 10 mg kg^{-1} . Tämän jälkeen seerumista mitattu seleenipitoisuus on ollut tasaisesti noin $1,4 \mu\text{mol l}^{-1}$. Vuonna 2007 tehty lannoitteiden seleenipitoisuuden nosto ($10 \rightarrow 15 \text{ mg kg}^{-1}$) näkyy seerumista mitatun seleenitason vakiintumisena $>1,4 \mu\text{mol l}^{-1}$ pitoisuuksiin. Muualla Euroopassa seerumin keskimääräinen seleenipitoisuus vaihtelee välillä $0,9\text{-}1,0 \mu\text{mol l}^{-1}$ (Rayman 2000).

Kuvassa 19 näkyy myös vuonna 2011 vertailuksi Kuusamon alueelta kerätyistä näytteistä mitattu seerumin seleenipitoisuus, joka oli $1,39 \mu\text{mol l}^{-1}$. Samana vuonna seleeniseurannan tutkimuspaikka-

kuntien näytteissä määritetty seleenipitoisuus oli $1,45 \mu\text{mol l}^{-1}$. Vuonna 2013 seerumin seleenipitoisuus oli $1,47 \mu\text{mol l}^{-1}$. Pitoisuudet ovat siis pysyneet samalla tasolla v. 2010 - 2013 välillä.



Kuva 19. Seerumin keskimääräinen seleenipitoisuus 1985 - 2013.

Kokoveren seleenipitoisuutta on mitattu vain Leppävirran näytteistä. Seleenipitoisuus veressä ennen seleenilannoitusta oli keskimäärin $1,15 \mu\text{mol l}^{-1}$. Vuosina 1989 - 1991 oli seleenin pitoisuus veressä tasolla $2,6 \mu\text{mol l}^{-1}$, jonka jälkeen se oli tasolla $1,9 \mu\text{mol l}^{-1}$ ja tasaantuen tasolle $1,6 \mu\text{mol l}^{-1}$. Kokoverestä ja seerumista mitatut keskimääräiset seleenipitoisuudet ovat seuranneet seleenin saannissa tapahtuneita muutoksia.

4. Johtopäätökset

Suomalainen seleenilannoitushistoria aikavälillä 1984 - 2015 ja siihen kytkeytyvä seleeniseurantatutkimus ovat kansainvälisesti merkittäviä asioita. Seurannan kautta saadut tulokset elintarvikkeiden seleenipitoisuuksista aina kansalaisten ja eläinten seleenin saantiin saakka ovat myös ainutlaatuisia. Seleeniseurannan ja seleenitutkimusten tulosten perusteella voidaan todeta, että epäorgaanisessa muodossa lisätyn Se:n käyttö on tällä hetkellä ainoa tapa varmistaa suomalaisen ruoan ja rehun riittävä seleenipitoisuus.

Kansainvälisesti erityistä mielenkiintoa on herättänyt Se:n kertyminen maahan ja sen mahdolliset ympäristövaikutukset. Mervi Seppäsen johtaman tutkimuksen ”Seleenin kierto peltoekosysteemissä” 2010 - 2014 osoitti, että pitkäaikaisten lannoituskokeiden perusteella lannoiteseleenin huuhtoutumista jankkoon ei ollut tapahtunut 20 vuoden lannoituksen aikana. Toisaalta puintijätteessä orgaanisessa muodossa palautuvan tai lietelannassa lisätyn Se:n käyttökelpoisuus kasveille on huono. Seuranta ja tutkimusta on jatkettava seleenin kertymisestä maahan ja sen mahdollisesti aiheuttamista ympäristövaikutuksista.

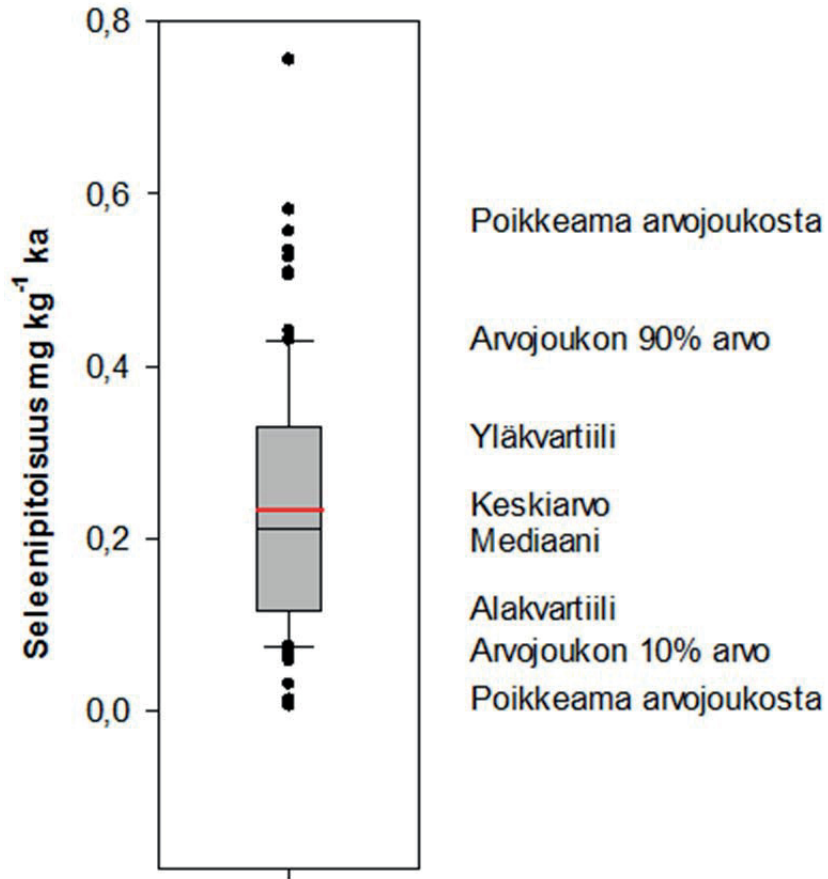
Seleeninsaanti riippuu täysin lannoitteiden seleenitasosta ja lannoitteiden käyttömäärästä. Elintarvikkeiden seleenipitoisuudet ja siten myös seleeninsaanti laskevat nopeasti, jos lannoitteiden seleenipitoisuus alenee tai lisäystä ei ole tehty ollenkaan. EU:n lannoitelainsäädäntöä ollaan parhaillaan uusimassa, ja lannoitemarkkinoilla on Yaran seleeniä sisältävien moniravinteisten lannoitteiden rinnalle tullut yhä enemmän vaihtoehtoisia tuotteita. Mikäli lisääntyvä kilpailu lannoitemarkkinoilla johtaa enenevässä määrin uusien markkinoille tulevien kiinteiden tai liuoslannoitteiden käyttöön niin seleeniseurantaa tulee kohdistaa tiloille, jotka ovat käyttäneet vaihtoehtoisia lannoitetuotteita. Lisäksi mahdollisesta seleenilannoitteiden käsittelyyn liittyvistä työturvallisuusriskeistä tulee tiedottaa ja varmistaa, että ohjeistukset ovat ajan tasalla. Seleenityöryhmän tehtävänä on varmistaa, että elintarvikkeiden, rehujen ja kuluttajien seleenitasot ovat riittävät. Täten turvataan kansalaisten ja eläinten terveys ja hyvinvointi.

Viitteet

- Ekholm, P. 1997. Effects of selenium supplemented commercial fertilizers on food selenium contents and selenium intake in Finland. *EKT-sarja 1047*. Yliopistopaino, Helsinki.
- Ekholm, P., Alfthan, G. & Euroola, M. 2015. The selenium content of organically produced foods in Finland. Teoksessa: Bañuelos, G.S., Zhi-Qing, L., Ferreira de Moraes, M., Guilherme, L.R.G. ja Rodrigues dos Reis, A. (toim.). *Global Advances in Selenium Research from Theory to Application. Proceedings of the 4th International Conference on Selenium In the Environment and Human Health, São Paulo, Brazil, 18-21 October 2015*. s.155-156.
- Euroola, M., Alfthan, G., Ekholm, P., Root, T., Suoniitty, T., Venäläinen E-R. & Ylivainio, K. 2011. *Seleenityöryhmän raportti 2011*. MTT Jokioinen. 27 s.
- Euroola, M., Alfthan, G., Ekholm, P., Levonmäki, M., Root, T., Venäläinen E-R. & Ylivainio, K. 2008. *Seleenityöryhmän raportti 2008*. MTT, Jokioinen. 34 s.
- Euroola, M.H., Ekholm, P.I., Ylinen, M.E. Koivistoinen, P.E., & Varo, P.T. 1991. Selenium in Finnish foods after beginning the use of selenate supplemented fertilizers. *J. Sci, Food. Agric.* 56: 57-70,
- Evira 2015. Rehujen tuotevalvonnan analyysitulokset. 236 s. www.evira.fi.
- Food and Nutrition Board and Institute of Medicine 2010.
- Gardiner PHE, Littlejohn D, Halls DJ, Fell GS. 1995. Direct determination of selenium in human blood serum and plasma by electrothermal atomic absorption spectrometry. *J. Trace Elements Med. Biol.* 9:74-81.
- Jacobson BE, Lockitch G. 1988. Direct determination of selenium in serum by graphite-furnace atomic absorption spectrometry with deuterium background correction and a reduced palladium modifier: age-specific reference ranges. *Clin. Chem.* 34:709-714.
- Keskinen, R., Rätty, M. & Yli-Halla, M. 2011. Selenium fractions in selenate-fertilized field soils of Finland. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 91:17-29.
- Keskinen, R. 2012. Selenium fertilization: plant uptake and residuals in soil. *MTT Science* 20
- Koljonen, T. 1974. Selenium in certain Finnish sediments. *Bulletin of the Geological Society of Finland* 46: 15-21.
- Koivistoinen, P. 1980. Mineral element composition of Finnish foods. *Acta Agriculturae Scandinavica, supplementum* 22: 1-171.
- Koivistoinen, P. & Varo P. 1987. Selenium in Finnish Food. Kirjassa: Combs, G.F. Jr., Spallholz, J.F., Levander, O.A. (toim.). *Selenium in Biology and medicine. Proceedings of the Third International Symposium on Selenium in Biology and Medicine; 1984 May 27 – June 1; Beijing*. Van Norstand Reinhold Company, New York.
- Kumpulainen, J., Raittila, A.M., Lehto, J. ja Koivistoinen, P. 1983. Electrothermal atomic absorption spectrometric determination of selenium in foods and diets. *J. Assoc. Offic. Anal. Chem.* 66: 1129-1135.
- Luke 2015. Rehutaulukot ja ruokintasuositukset. Luonnonvarakeskus www.luke.fi
- Luke 2015. Ravintotase 2014, ennakkotiedot. http://stat.luke.fi/ravintotase-2014-ennakko-ja-2013-lopulliset-tiedot_fi
- Norden 2012. Nordiska näringsrekommendationer. Recommendationer om näring och fysisk aktivitet. Livesmedelsverket. 78 s.
- McDonald, P., Edwards, R.A. & Greenhalghm J.F.D., Morgan, C.A., Sinclair, L.A., Wilkinson, R.G. 2011. *Animal Nutrition*. Pearson, UK. 692 s.
- MMM 1994. Työryhmämuistio 1994:2 Seleenityöryhmän raportti. Maa- ja metsätalousministeriö.
- Mäkelä-Kurtto, R. ja Sippola, J. 2002. Monitoring of Finnish arable land; changes in soil quality between 1987 and 1998. *Agricultural and Food Science in Finland* 11: 273-284.
- Pehrson, B. 2005. Organic selenium for supplementation of farm animal diets: its influence on the selenium status of the animals and on the dietary selenium intake of man. *Re-defining Mineral Nutrition*. Nottingham University Press. ss. 253-267.
- Rayman, M.P. 2000. The importance of selenium to human health. *Lancet* 356: 233-241.
- Rehun lisäaineiden rekisteri 2015. http://ec.europa.eu/food/animalnutrition/feedadditives/docs/comm_register_feed_additives_1831-03.pdf
- Seppänen, M. 2014. Seleenin kierto peltoekosysteemissä (Loppuraportti 31.12.2014). Helsingin yliopisto, maataloustieteen laitos.

- Seppänen, M., Turakainen, M. & Hartikainen, H. 2003 Selenium effects on oxidative stress in potato. *Plant Science* 165: 311-319.
- Sippola, J. 1979. Selenium content of soils and timothy (*Phleum pratense* L.) in Finland. *Annales Agriculturae Fenniae* 18: 182-187
- Sors, T.G., Ellis, D.R. & Salt, D.E. 2005. Selenium, uptake, translocation, assimilation and metabolic fate in plants. *Photosynthesis Research* 86: 373-389.
- Suttle, N.F. 2010. Mineral Nutrition of Livestock. 4th Edition. 2010. CABI. UK. 587 s.
- Tike 2014. Maatilatilastollinen vuosikirja 2014. Juvenes Print –Suomen yliopistopaino Oy. Helsinki. 327 s.
- Yli-Halla, M. 2005. Influence of selenium on soil selenium status. Teoksessa: Proceedings Twenty Years of Selenium Fertilization. September 8-9, 2005, Helsinki, Finland. Toim. Merja Eurola. Agricultural Research Reports 69, s. 25.
- Valtion ravitsemusneuvottelukunta 2014. Terveyttä ruoasta. Suomalaiset ravitsemussuositukset. 2014. 56 s.
- Winkel L.H.E., Vriens, B., Jones, G.D., Schneider, L.S., Pilon-Smits, E. & Bañuelos, G.S. 2015. Selenium cycling across soil-plant-atmosphere Interfaces: a critical review. *Nutrients* 7: 4199-4239.
- Ylhäinen, A. 2014. Suuri lannoitekatsaus. *Käytännön Maamies* 1:12-23.
- Yläranta, T. 1983. Selenium in Finnish agricultural soils. *Annales Agriculturae Fenniae* 22: 122-136.
- Yläranta, T. 1984. Effect of selenite and selenate fertilization and foliar spraying on selenium content of timothy grass. *Annales Agriculturae Fenniae* 23:96-108.
- Yläranta, T. 1985. Increasing the selenium content of cereals and grass crops in Finland. Academic dissertation. University of Helsinki. 72 s.

Liite 1 Boxplot esityksen selitys





luke.fi

Luonnonvarakeskus
Viikinkaari 4
00790 Helsinki
puh. 029 532 6000